

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
5 juillet 2001 (05.07.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/48829 A1

(51) Classification internationale des brevets?:
H01L 29/737, 21/331

(21) Numéro de la demande internationale:
PCT/FR00/03562

(22) Date de dépôt international:
15 décembre 2000 (15.12.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:
99/16400 23 décembre 1999 (23.12.1999) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US): THOM-
SON-CSF [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008
Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): DELAGE,
Sylvain [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,
13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117
Arcueil Cedex (FR). CASSETTE, Simone [FR/FR];
Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, 13, avenue du
Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).
FLORIOT, Didier [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété
Intellectuelle, 13, avenue du Président Salvador Allende,
F-94117 Arcueil Cedex (FR). GIRARDOT, Arnaud
[FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle, 13,
avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil
Cedex (FR).

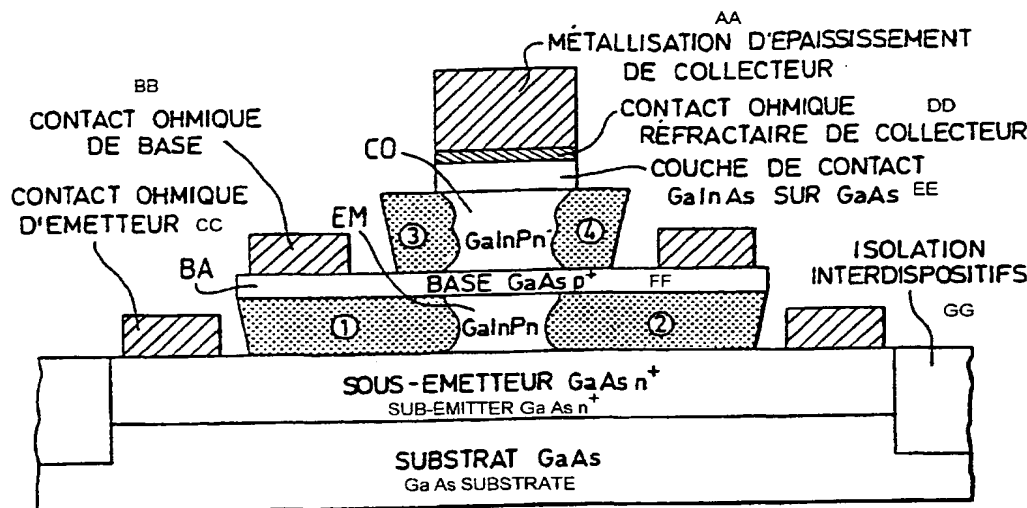
(74) Mandataire: LARDIC, René; Thomson-CSF Propriété
Intellectuelle, 13, avenue du Président Salvador Allende,
F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(81) États désignés (national): JP, US.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: BIPOLAR TRANSISTOR WITH UPPER HETEROJUNCTION COLLECTOR AND METHOD FOR MAKING SAME

(54) Titre: TRANSISTOR BIPOLAIRE A HETEROJONCTION A COLLECTEUR EN HAUT ET PROCEDE DE REALISATION



AA...METALLISATION FOR THICKENING COLLECTOR
BB...BASE OHMIC CONTACT
CC...EMITTER OHMIC CONTACT
DD...REFRACTORY OHMIC CONTACT OF
COLLECTOR
EE...CONTACT LAYER GaIn As on
Ga As
FF...Ga As p⁺ BASE
GG...INTER-ELEMENT INSULATION

(57) Abstract: The invention concerns a bipolar transistor with upper heterojunction comprising in particular stacked on a substrate: an emitter layer (EM); a base layer (BA), a collector layer (CO). In said transistor, the base-emitter junction surface is of smaller dimension than the base-collector junction surface and the material of the base layer has a lower electric conducting sensitivity to ion implantation than the electric conducting sensitivity of the material of the emitter layer to the same ion implant.

[Suite sur la page suivante]



(84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée:

- Avec rapport de recherche internationale.
- Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.

(57) Abrégé: Ce transistor bipolaire à hétérojonction à collecteur en haut comprend notamment empilées sur un substrat: une couche d'émetteur (EM), une couche de base (BA), une couche de collecteur (CO). Dans ce transistor, la surface de la jonction base-émetteur est de dimension inférieures à la surface de la jonction base-collecteur et le matériau de la couche de base présente une sensibilité de la conductivité électrique à une implantation ionique plus faible que la sensibilité de la conductivité électrique du matériau de couche d'émetteur à la même implantation ionique.

TRANSISTOR BIPOLAIRE A HETEROJONCTION A COLLECTEUR EN HAUT ET PROCEDE DE REALISATION

L'invention concerne un transistor bipolaire à hétérojonction à collecteur en haut et son procédé de réalisation.

L'invention vise à l'amélioration du transport électronique dans les transistors bipolaires à hétérojonction (TBH) en topologie Collecteur en haut
5 (Collector-up), tout en assurant un rendement de fabrication élevé.

La configuration Collecteur en haut est particulièrement intéressante dans le cas d'un transistor bipolaire à hétérojonction du fait des faibles valeurs de capacité base-collecteur qu'elle permet d'obtenir en comparaison à celles que l'on retrouve avec une topologie classique dite
10 émetteur en haut. La réduction de cette capacité de jonction permet d'améliorer notablement les performances hyperfréquences de ce type de composant.

En revanche, si l'on ne prend pas quelques précautions particulières, apparaît dans un TBH Collecteur en haut une injection parasite
15 d'électrons dans les zones de base extrinsèque. Ces électrons sont alors collectés par les contacts de base ou se recombinent dans la base extrinsèque ; ce qui, dans les deux cas, aboutit à une dégradation du facteur de transport dans la base et donc pénalise fortement le gain en courant du transistor. Certaines solutions ont déjà été apportées à ce problème et
20 notamment dans le cadre des TBH Collecteur en haut élaborés avec des matériaux GaAlAs/GaAs ou GaInP/GaAs.

Ainsi Yamahata et al. décrit dans une publication (IEEE Electron Device Letters, Vol.14, n°4, Avril 1993) un transistor bipolaire à simple hétérojonction (S-TBH) Collecteur en haut GaAlAs/GaAs où la zone
25 d'émetteur située en dessous de la base extrinsèque est transformée en une couche hautement résistive par implantation ionique. Il s'affranchit, de cette manière, de l'injection parasite d'électrons que nous avons mentionnée précédemment et par la même, améliore le gain en courant du TBH ainsi réalisé.

30 La figure 1 montre le procédé de fabrication utilisé par Yamahata et al.. En premier lieu, un contact métallique de collecteur est déposé sur la structure épitaxiale. Il est utilisé comme masque pour la gravure de la couche de collecteur (Fig.1a). La structure est alors implantée aux ions Oxygène à

travers la base avec une énergie déterminée pour rendre électriquement isolantes les zones d'émetteur extrinsèque (Fig.1b). Une diffusion de Zinc permet de rétablir un niveau suffisant de dopage p^+ de la couche de base endommagée lors de l'implantation ionique (Fig.1c). Les contacts métalliques de base sont alors déposés. Les couches de base et d'émetteur sont ensuite gravées pour déposer sur un sous-émetteur dopé n^+ des contacts métalliques d'émetteur. Le composant ainsi réalisé présente une faible capacité base-collecteur et une base fortement dopée.

Un tel procédé de fabrication présente certains inconvénients. Tout d'abord, la base est sévèrement endommagée lors de l'étape d'implantation ionique Oxygène. En effet, la plaque étant désorientée de 7° par rapport à la direction du faisceau d'implantation, elle est donc vue par ce dernier dans un état quasi-amorphe. Le nombre de défauts cristallins générés dans la base est donc maximum. La diffusion de Zinc permet de masquer en partie cette dégradation mais ne permet pas de retrouver la conductivité initiale de la base. De plus, lors des étapes d'implantation et de diffusion, les flancs de la mèse de collecteur doivent être protégés par un nitrure ce qui induit une étape de lithographie et de process supplémentaire. Avec ce procédé, la surface de la zone active intrinsèque est définie, donc limitée, par la taille du collecteur. Il est à noter que, du fait de la diffusion élevée du Zinc, il existe un risque important de voir apparaître, à la jonction base-émetteur, des court-circuits ayant un impact déplorable sur la fiabilité des composants.

Le Laboratoire Centre de Recherche de THOMSON-CSF a abouti à la réalisation de transistors bipolaires à hétérojonction (D-TBH) GaInP/GaAs en topologie collecteur en haut tel que cela est décrit dans l'article de HENKEL et al IEE Electronics Letters, Vol. 33, n° 7, Mars 1997. La zone d'émetteur située en-dessous de la base extrinsèque est là aussi transformée en une couche hautement résistive mais par une implantation ionique optimisée en vue de conserver à la base de sa conductivité initiale.

La figure 2 montre le procédé de fabrication utilisé. Un contact métallique de collecteur est, tout d'abord, déposé sur la structure épitaxiale. Il est utilisé comme masque pour la gravure de la couche de collecteur (Fig.2a). La structure est alors implantée aux ions Bore à travers la base et à faible dose (Fig.2b). L'angle d'implantation est de 0° de manière à minimiser

les collisions des ions Bore avec le réseau cristallin de la base. Les contacts métalliques de base sont alors déposés. Les couches de base et d'émetteur sont ensuite gravées pour déposer sur un sous-émetteur dopé n^+ des contacts métalliques d'émetteur (Fig.2c). Ces derniers subissent alors un
5 recuit (416°C pendant 10mn par exemple) permettant la formation d'un alliage à l'interface métal/semiconducteur. Il est important de remarquer que la résistivité de la base, qui augmente légèrement lors de l'étape d'implantation ionique, décroît et revient à l'issue de ce recuit à sa valeur initiale.

10 Ce procédé de fabrication, basé sur la sensibilité différente de la conductivité de matériaux semiconducteurs différents soumis à une même implantation ionique, permet d'isoler électriquement, et ce, très efficacement, les zones d'émetteur extrinsèque tout en maintenant la conductivité de la
15 couche de base à une valeur proche de sa valeur initiale. Cette dernière propriété est, d'une part, liée au fait que l'implantation se fait à faible dose. Le nombre de défauts cristallins générés dans la base est donc minimisé. D'autre part, la plaque n'est plus désorientée par rapport à la direction du faisceau d'implantation (angle d'implantation nul), les ions implantés sont alors canalisés dans le réseau cristallin. Les possibilités de collision d'une
20 particule de Bore incidente avec les atomes et les électrons constituant le matériau de base sont alors réduites. Il en est donc de même pour le nombre de défauts cristallins générés dans la base. De plus, l'étape de diffusion de Zinc proposée par Yamahata et al. est alors inutile d'où une simplification du procédé de fabrication.

25 Ce procédé de fabrication particulièrement avantageux présente malheureusement certaines limitations. En effet, si les performances hyperfréquences de ce type de composants sont particulièrement intéressantes ($F_{\text{max}}=115\text{GHz}$), la valeur du gain statique en courant obtenue est faible. Pour analyser ce comportement, il nous faut rappeler les résultats
30 des travaux de Horio et al. publiés dans IEEE Transactions on Electron Devices, Vol.42, n°11, Novembre 1995.

Les travaux de HORIO et al portent sur des dispositifs TBH Emetteur en haut élaborés avec des matériaux GaAlAs/GaAs. Ces travaux ont mis en exergue une accumulation des électrons dans les régions de base
35 extrinsèque dans le cas où le TBH Emetteur en haut présente un collecteur

extrinsèque rendu parfaitement isolant et une surface de la jonction base-collecteur légèrement inférieure à celle de la jonction émetteur-base. De cette accumulation résultent, d'une part, une dégradation de la fréquence de coupure du gain en courant f_t , et d'autre part, une recombinaison des porteurs dans la base qui va fortement pénaliser le gain statique du transistor. Dans le cas d'une structure similaire mais présentant un collecteur extrinsèque semi-isolant (ce qui correspond à un collecteur extrinsèque électriquement isolé par implantation ionique), le phénomène d'accumulation des électrons semble beaucoup plus limité et donc les dégradations du gain en courant et de f_t , beaucoup plus faibles. De plus, Horio constate que les performances du composant sont optimales lorsque la surface de la jonction émetteur-base est légèrement inférieure à celle de la jonction base-collecteur et ce, quelle que soit la nature du collecteur extrinsèque (isolant ou semi-isolant).

Malheureusement, la topologie Collecteur en haut revient à se placer dans le plus défavorable des deux cas précédents. En effet, dans cette structure, la surface du collecteur à la jonction base-collecteur définit la zone active du composant. Les zones de collecteur extrinsèque sont donc inexistantes et peuvent être modélisées par un isolant parfait. Dans cette configuration, si la surface de la jonction base-collecteur est inférieure à celle de la jonction émetteur-base, le phénomène d'accumulation des électrons dans les régions de base extrinsèque est particulièrement important. Et de même que pour la topologie Emetteur en haut, les performances optimales sont obtenues lorsque la surface de la jonction émetteur-base est la plus petite des deux. La réalisation de composants Collecteur en haut performants exige donc une parfaite maîtrise des techniques d'implantation et de gravure qui vont aboutir à la définition des surfaces des deux jonctions.

Dans le cas de transistors bipolaires à hétérojonction en topologie Collecteur en haut, la gravure de la mésa de collecteur repose sur la sélectivité de gravure entre les deux matériaux constituant collecteur et base (cas du D-TBH) ou couche d'arrêt de gravure et base (cas du S-TBH). Le contact métallique de collecteur est utilisé comme masque pour la gravure du collecteur. La surface de ce contact définit donc celle de la jonction base-collecteur à la sous-gravure près (si elle existe).

La figure 3 montre le profil de gravure que l'on obtient selon l'orientation cristalline pour un collecteur en GaInP (cas du D-TBH). Ce profil est classiquement obtenu par gravure chimique (par exemple à l'aide d'acide chlorhydrique dilué ou non). On remarque que, selon l'orientation cristalline, un angle rentrant ou sortant est observé. L'exemple est pris dans le cas d'un substrat GaAs (100) orienté selon la norme Européenne-Japonaise de repérages des plaquettes. La forme indiquée est très simplement obtenue sous la condition que la couche de GaInP soit suffisamment fine (de l'ordre de 0,5 μm). On notera que la gravure du GaInP se bloque à l'interface GaAs/GaInP ce qui rend la fabrication plus aisée (voir brevet français n° 2 697 945). La couche de GaAs fixe ainsi la dimension latérale du dispositif. Une fois la structure implantée au bore, la surface de la jonction émetteur-base est définie par la forme des caissons d'isolation créés dans la zone d'émetteur extrinsèque. Comme on a pu le voir précédemment le contact métallique de collecteur sert de masque d'implantation mais la forme de ces caissons va dépendre aussi du profil des flancs de la mésa collecteur.

Ainsi pour un D-TBH dont le doigt de collecteur est orienté selon la direction cristallographique $\langle 0\ 1\ 1 \rangle$, les flancs de la mésa collecteur sont rentrants (Fig. 4a). Si l'on définit x comme la différence entre la largeur du collecteur extrinsèque (définie par la gravure) et celle de l'émetteur extrinsèque (définie par la forme des caissons d'isolation), x est alors négatif et de l'ordre de $-0,2\mu\text{m}$. La jonction émetteur-base présente donc une surface supérieure à celle de la jonction base-collecteur et x est suffisamment important pour entraîner une forte dégradation du gain en courant et de f_t .

Si l'électrode de collecteur du D-TBH est orientée selon la direction cristallographique $\langle 0\ 1\ -1 \rangle$, le profil de gravure est alors sortant. Les flancs de la mésa collecteur, non protégés par la métallisation de collecteur, sont alors exposés à l'implantation ionique au Bore. Il y a donc apparitions de caissons d'isolation dans l'émetteur ① mais aussi dans le collecteur ② (Fig. 4b). La largeur du collecteur extrinsèque n'est non plus définie par gravure mais par la forme des caissons d'isolation de collecteur. x est alors négatif mais faible en valeur absolue. La dégradation du gain en courant et de f_t est alors moins importante que dans le cas précédent mais cependant toujours présente.

La gravure d'un collecteur en GaAs (cas du S-TBH) s'effectue en deux opérations : une gravure ionique réactive (telle que SiCl_4) suivie d'une gravure chimique (à l'acide citrique par exemple). En effet, de manière à ne pas endommager le matériau de base, on peut profiter de l'existence de la
5 très grande sélectivité de gravure entre une couche à base de phosphore et une couche à base d'arsenic. Une couche d'arrêt de gravure de faible épaisseur est donc rajoutée entre le collecteur (GaAs n) et la base (GaAs p^+). Faite par exemple de GaInP, elle permet de stopper la gravure du collecteur en GaAs. Une gravure chimique de la couche d'arrêt est ensuite
10 réalisée à l'aide d'une solution qui peut être à base, par exemple, d'acide chlorhydrique dilué. A l'issue de cette séquence, le profil obtenu ne dépend pas de l'orientation cristalline et présente un angle sortant associé à une sous-gravure à l'interface avec le contact ohmique (Fig. 4c). La largeur du collecteur extrinsèque est donc définie par les flancs de gravure et x est, là
15 encore, négatif mais faible en valeur absolue. La dégradation du gain en courant et de f_t est sensiblement la même que dans le cas précédent.

Ainsi des solutions ont été apportées pour s'affranchir de l'injection parasite d'électrons dans la base extrinsèque qui constitue la difficulté la plus importante lors de la réalisation de TBH Collecteur en haut. Parmi celles-ci,
20 la réalisation de caissons d'isolation dans l'émetteur extrinsèque par une implantation ionique à faible dose à travers la base permet en outre de conserver à cette dernière sa conductivité initiale. Mais comme nous avons pu le constater, il n'est pas possible dans le cas de la fabrication de TBH Collecteur en haut constitués de composés $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}/\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ de définir
25 les surfaces des jonctions émetteur-base et base-collecteur de manière à obtenir les performances optimales susceptibles d'être atteintes avec de telles structures. La présente invention vise à atteindre ces performances en optimisant la collection des porteurs minoritaires à la sortie de la base c'est à dire en s'affranchissant de l'accumulation d'électrons dans les régions de
30 base extrinsèque. Il faut pour cela réussir à définir une jonction base-collecteur dont la surface soit plus importante que celle de la jonction émetteur-base, et que le collecteur extrinsèque, s'il existe, soit fait d'un matériau semi-isolant.

L'invention concerne donc un transistor bipolaire à hétérojonction
35 à collecteur en haut comprenant notamment empilées sur un substrat :

- une couche d'émetteur
- une couche de base
- une couche de collecteur

caractérisé en ce que :

- 5 - la surface de la jonction active base-émetteur est de dimensions inférieures à la surface de la jonction active base-collecteur ;
- le matériau de la couche de base présente une sensibilité de la conductivité électrique à une implantation ionique plus faible
- 10 que la sensibilité de la conductivité électrique du matériau de la couche d'émetteur à la même implantation ionique.

L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un transistor bipolaire à hétérojonction à collecteur en haut comprenant notamment la croissance épitaxiale de couches semiconductrices sur un

- 15 substrat semiconducteur :

- une couche d'émetteur
- une couche de base
- une couche de collecteur

caractérisé en ce que :

- 20 - les matériaux de la couche de base et de la couche d'émetteur sont choisis tels que le matériau de la couche de base présente une sensibilité de la conductivité électrique à une implantation ionique plus faible que la sensibilité de la conductivité électrique de la couche d'émetteur à la même implantation ionique ;
- 25 - et en ce qu'il comporte les étapes supplémentaires suivantes : réalisation d'un masque sur la couche de collecteur et de largeur (lc) définissant la largeur du collecteur à obtenir, puis réalisation d'une première implantation ionique permettant de rendre isolant le matériau de la couche d'émetteur de part et
- 30 d'autre de l'émetteur à obtenir, puis réalisation d'une deuxième implantation ionique faite à une ou plusieurs énergies inférieures à la première implantation ionique pour rendre isolant le matériau de la couche de collecteur de part et d'autre du collecteur à obtenir.

Les différents objets et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement dans la description qui va suivre faite à titre d'exemple ainsi que dans les figures annexées. Ces figures représentent :

- 5 • les figures 1a à 4c, différents états de la technique décrits dans ce qui précède ;
- les figures 5a et 5b, des courbes montrant les effets d'une implantation ionique sur les couches d'un transistor TBH selon l'invention ;
- 10 • les figures 6 et 7, un exemple de réalisation d'un transistor TBH selon l'invention ;
- la figure 8, une variante de réalisation d'un transistor TBH selon l'invention ;
- les figures 9a à 9l, un exemple de procédé de réalisation selon l'invention d'un transistor TBH à collecteur haut.

15 De façon générale, le principe de la présente invention repose, d'une part, sur la sélectivité de gravure entre les deux matériaux constituant collecteur et base (cas du D-TBH) ou couche d'arrêt de gravure et base (cas du S-TBH), et d'autre part, sur la sensibilité différente de la conductivité des matériaux semiconducteurs soumis à une implantation ionique.

20 A titre d'exemple, l'invention est décrite dans le cadre des transistors bipolaires à double hétérojonction $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{GaAs}$ NPN en topologie Collecteur en haut. Cependant, elle s'applique par simple transposition à toute structure de transistor bipolaire à hétérojonction en topologie Collecteur en haut utilisant des hétérostructures
25 $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}/\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$, que le matériau constituant le collecteur soit différent de celui de la base (cas du D-TBH) ou identique (aux caractéristiques de dopage près, dans le cas du S-TBH). Elle est aussi applicable à nombre de composants en cours de développement (SiC/GaN , AlGaN/GaN , $\text{AlGaN}/\text{InGaN}$...).

30 Comme nous l'avons décrit précédemment en figure 3, le profil de gravure du GaInP dépend fortement de l'orientation cristalline. Suivant la direction cristallographique selon laquelle est orienté l'électrode de collecteur, les flancs de la mésa collecteur présentent un angle rentrant ou sortant. On rappelle que la dimension latérale du dispositif est alors fixée par

celle de la couche contact en GaAs n^+ , la gravure du GaInP se bloquant à l'interface des deux matériaux.

Les figures 5a et 5b montrent, à titre d'exemple, la différence de sensibilité de la conductivité électrique du GaInP dopé n et du GaAs dopé p^+ respectivement, à une implantation de Bore à 200 keV à angle d'implantation nul en fonction de la dose d'ions introduits dans la structure. Cette évolution est suivie en fonction du temps de recuit à 416°C. Dans le cas du GaInP de type n , le matériau présente une résistivité électrique supérieure à $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ pour une dose d'implantation de $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$, alors que le GaAs de type p^+ reste pratiquement insensible à l'implantation ionique jusqu'à des doses de 10^{13} cm^{-2} . Le comportement très différent de ces deux matériaux va nous permettre de rendre des couches de GaInP dopé n pratiquement isolantes tout en préservant à une couche de GaAs de type p^+ (la base d'un TBH en l'occurrence) sa résistivité électrique initiale. Il est important de noter qu'un comportement similaire existe avec d'autres espèces atomiques, voire même entre deux couches de même matériau présentant des caractéristiques de dopage différents (GaAs de type p et n par exemple).

Grâce à ces propriétés physico-chimiques, il est possible de réaliser des composants présentant de part et d'autre de la base, une couche de semiconducteur rendue localement électriquement isolante par implantation ionique. La figure 6 montre la vue en coupe d'un D-TBH Collecteur en haut conçu à l'aide de la présente invention. Les surfaces des jonctions émetteur-base et base-collecteur sont alors définies lors de l'étape d'implantation ionique. On notera que se forme alors de part et d'autre de la méssa de collecteur, et ce, avant dépôt du contact de base, un caisson d'isolation équivalent à un sidewall, ce qui permet de réduire la présence de métallisation sur les flancs dénudés de la méssa de collecteur.

On voit donc que le dispositif de l'invention concerne un transistor TBH à collecteur en haut qui comporte notamment un empilement de couche d'émetteur EM, de couche de base BA et de couche de collecteur CO dans lequel le collecteur et l'émetteur sont auto-alignés par implantation et dans lequel :

- la couche d'émetteur EM comporte l'émetteur intrinsèque lui-même encadrée par du matériau isolant, de même la couche

de collecteur CO comporte le collecteur encadré de matériau isolant ;

- la surface de la jonction base émetteur est inférieure à la surface de la jonction base collecteur ;
- le matériau de la base BA est tel qu'il présente une sensibilité de la conductivité électrique à une implantation ionique d'isolation plus faible que la sensibilité de la conductivité électrique du matériau de l'émetteur EM à la même implantation.

On va maintenant décrire de façon générale le procédé de réalisation selon l'invention d'un tel dispositif.

Le doigt (électrode) de collecteur est orienté selon la direction cristallographique $\langle 0\ 1\ 1 \rangle$ de manière à ce que, lors de l'étape de gravure, les flancs de la couche de collecteur rendue électriquement isolante présentent des angles rentrants. Une couche de contact en GaInAs au sommet de la structure épitaxiale permet de réaliser la prise de contact ohmique à l'aide d'un métal réfractaire tel que TiWSi, WN, ou TiW Afin d'obtenir une résistance de collecteur faible et de réaliser un masque d'implantation ionique efficace, une métallisation en Ti/Pt/Au, typiquement de 2 μm de large et d'une épaisseur de l'ordre d' 1 μm , est déposée en surface. Les matériaux semiconducteurs protégés par ce masque métallique voient leur conductivité électrique initiale préservée. L'épaisseur de la métallisation en métal réfractaire est suffisamment fine pour permettre aux ions de la traverser sans perte majeure d'énergie. L'étape d'implantation se divise en deux opérations utilisant le même masque métallique. Une des deux opérations consiste à réaliser une implantation à haute énergie, faible dose ($2.5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$), à travers la totalité de la structure et qui peut être à angle d'implantation nul. L'énergie fournie aux ions implantés est calculée de manière à rendre isolante la couche d'émetteur en GaInP dans les zones situées sous la future base extrinsèque (caissons d'isolation 1 et 2) de manière à éliminer toute injection parasite d'électrons. L'autre opération consiste à définir la surface de la jonction base-collecteur par une implantation à plus faible énergie, faible dose et à travers la totalité de la structure. Les caissons d'isolations 3 et 4 sont ainsi créés localement dans la couche de collecteur en GaInP. Lors de ces étapes, la queue de distribution

des ions traverse alors la base sans réellement la dégrader du fait de la faible sensibilité du matériau GaAs p^+ à l'implantation. La faible augmentation de la résistivité du matériau de base est compensée lors d'une étape de recuit post-implantation (qui peut-être celle de recuit de contact ohmique allié par exemple) permettant de ramener la concentration de défauts cristallins au niveau le plus faible possible. Il est à noter que l'utilisation d'un matériau réfractaire offre la possibilité de recuire la structure à des températures élevées (si nécessaire) après définition de la mésa de collecteur.

On constate que plus l'énergie fournie aux ions implantés est importante, plus grande est leur profondeur de pénétration mais aussi plus étalée est la distribution finale des ions dans le volume (et par là même des défauts cristallins qu'ils engendrent). Ainsi la surface de la jonction émetteur-base (définie par l'implantation à haute énergie) va être plus faible que celle de la jonction base-collecteur (définie par une implantation à plus faible énergie). La figure 7 représente le profil que l'on va typiquement obtenir à l'issue de l'étape d'implantation ; x définie comme dans la figure 4 est de l'ordre de $+0.2 \mu m$. La présente invention nous permet donc d'éliminer l'accumulation des électrons dans la région de base extrinsèque et donc de se rapprocher des performances optimales autorisées par la structure du composant.

La mésa de collecteur doit être typiquement de l'ordre de $1 \mu m$ de chaque côté du ruban collecteur en Ti/Pt/Au afin de réaliser une collection efficace des électrons à la sortie de la base. La largeur de $1 \mu m$ permet de trouver un compromis efficace afin de réaliser des composants fonctionnant en hyperfréquence. La gain hyperfréquence tend, en effet, à chuter lorsqu'on éloigne le bord du ruban de contact ohmique de base de la zone active de d'émetteur puisqu'il y a alors augmentation de la résistance de base et la capacité base-collecteur. Il est possible de minimiser l'influence de cette dernière en gravant la couche de métal réfractaire, et en gravant ou isolant par implantation à forte dose la couche de contact en GaInAs et GaAs n^+ , au-dessus des caissons d'isolation de collecteur. Et en prenant certaines précautions particulières, le contact ohmique de base peut être réalisé en autoalignement par rapport à la mésa de collecteur.

De plus, de telles dimensions de la mésa de collecteur restent compatibles avec le procédé de passivation à ledge épais décrit dans le

brevet français n° 2 764 118). En effet, deux mécanismes au moins agissent sur la dérive des TBH en cours de fonctionnement. Il s'agit, d'une part, de l'évolution des recombinaisons dans la base neutre et, d'autre part, d'une augmentation des recombinaisons de surface à la surface libre de la base.

- 5 La présence d'un matériau de grande bande interdite de part et d'autre du collecteur actif passivant la base extrinsèque est une solution efficace pour lutter contre ce second mécanisme. La couche de GaInP de collecteur rendue isolante limite donc les recombinaisons de surface au pied du doigt de collecteur. Elle passive ainsi à la fois la surface libre de la base
- 10 extrinsèque et les flancs du collecteur. La présente invention peut aussi être associée à une fine couche de passivation par ledge plus classique telle que celle définie dans le brevet français n° 2 736 468. Un exemple de composant réalisé avec cette invention associée à un ledge mince classique est donné en figure 8. Le procédé de fabrication utilisé pour la présente invention est
- 15 alors directement adaptable. La structure épitaxiale reste identique, seul l'enchaînement des étapes de fabrication est modifié.

- En outre, cette invention peut utiliser un drain thermique permettant d'évacuer une partie des calories par le haut de la structure. Il peut être de type "nitrure" tel que celui breveté précédemment (brevet
- 20 français n° 2 737 342) ou issu de toute autre méthode similaire.

- On peut rappeler que dans le cas d'un S-TBH (Collecteur en GaAs n⁻), le contact ohmique réfractaire pourra être remplacé par un contact de type Schottky. Un contact métallique (Ti/Pt/Au par exemple) est alors directement déposé sur le collecteur en GaAs n⁻. La couche de contact
- 25 (GaInAs n⁺ sur GaAs n⁻) est alors inutile. La structure épitaxiale est donc simplifiée. De plus, placé au plus proche de la zone de champs base-collecteur n⁻ (là où est généré l'essentiel de la chaleur), le contact métallique, par sa haute conductivité thermique, préfigure un meilleur comportement thermique.

- 30 Les figures 9a à 9l décrivent plus en détails le procédé de fabrication selon l'invention permettant d'obtenir un transistor bipolaire à double hétérojonction en topologie collecteur en haut. La structure présentée ici est réalisée sans couche de passivation de type ledge mince mais avec un drain thermique supérieur. La description ne représente que la succession
- 35 de procédés nécessaires à l'élaboration du composant élémentaire sans

tenir compte des composants actifs ou passifs réalisés par ailleurs lors de la fabrication de la fonction totale à laquelle il faut aboutir.

Figure 9a

5

A partir d'un substrat de GaAs semi-isolant, on réalise la croissance épitaxiale des couches suivantes :

- une couche de sous-émetteur en GaAs dopé n
- une couche d'émetteur en GaInP dopé n
- 10 - une couche de base en GaAs dopé p^+
- une couche de collecteur en GaInP dopé n^-
- une couche de contact en GaInAs dopé n^+ sur GaAs dopé n^+

Avantageusement, un espaceur fait d'une couche en GaAs dopé n associée ou non à une couche en GaInP dopé n, ou d'une couche graduelle de $Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$ dopé n, peut être introduit entre base et collecteur (voire entre émetteur et base) pour minimiser le phénomène d'accumulation d'électrons dans le puits de potentiel de chacune des hétérojonctions. Cet espaceur n'est pas représenté ici.

Une couche de métal réfractaire est déposée ex-situ afin d'assurer
20 le contact ohmique réfractaire de collecteur.

Figure 9b

Après réalisation d'un masque de protection en résine, on procède
25 à une étape d'implantation ionique profonde d'isolation électrique (H, He, B, O, F, ...) afin de diminuer les parasites du composant et réaliser l'isolation inter-composants.

Figure 9c

30

On procède alors au dépôt d'une métallisation d'épaississement du contact ohmique de collecteur de largeur l_c par "Lift-off" (Ti/Au, Ti/Pt/Au ...) puis à l'implantation ionique sélective au bore à haute énergie, de manière à définir les caissons d'isolation ① et ② dans les zones d'émetteur
35 extrinsèque. Cette étape d'implantation conduit de manière inhérente à la

définition de la forme de l'émetteur intrinsèque et donc à celle de la surface de la jonction émetteur-base.

Toujours avec le masque de protection fait de la métallisation d'épaississement du contact ohmique, on implante la structure au bore mais
5 à plus faible énergie de manière à définir les caissons d'isolation ③ et ④ dans les zones de collecteur extrinsèque. Cette étape d'implantation conduit de manière inhérente à la définition de la forme du collecteur intrinsèque et donc à celle de la surface de la jonction base-collecteur.

En raison du fait que l'implantation au bore dans l'émetteur se fait
10 à haute énergie et que l'implantation dans le collecteur se fait à moindre énergie, la surface implantée au niveau de la jonction émetteur-base est plus importante que celle de la jonction collecteur-base. On a donc une surface de la jonction base/collecteur supérieure à la surface de la jonction base/émetteur.

15

Figure 9d

La métallisation d'épaississement du contact de collecteur est encore utilisée comme masque de protection. On effectue alors une gravure
20 sèche du métal réfractaire par gravure ionique réactive à base de SF_6 par exemple.

Figure 9e

On définit alors la mésa de collecteur. Pour cela, on réalise un masque de protection de résine de largeur $L_c > l_c$. On procède à la gravure de la couche de contact de GaInAs par gravure humide à base d'acide citrique, puis à celle de la couche de contact en GaAs par gravure ionique réactive (RIE) chlorée telle que SiCl_4 ou par gravure chimique à l'aide d'acide citrique
30 par exemple et de la couche de collecteur en GaInP implanté au bore en gravure chimique à base d'acide chlorhydrique.

Figure 9f

On dépose les contacts ohmiques de base par technique de "Lift-off". Le film métallique utilisé peut être fait d'un alliage de Ti/Pt/Au ou de
5 Mo/Au par exemple.

Figure 9g

On réalise un masque de protection de résine de largeur $L_B > L_C$.
10 puis on procède à la gravure de la méssa de base par voie sèche (gravure ionique réactive chlorée) ou mixte (RIE puis chimique) suivi de la gravure de la couche d'émetteur en GaInP implanté au bore en gravure chimique à base d'acide chlorhydrique. La gravure du GaInP se bloque à l'interface GaAs/GaInP. La dimension latérale de la méssa de base fixe donc celle de la
15 méssa d'émetteur.

Figure 9h

Les contacts ohmiques d'émetteur sont déposés en utilisant la
20 technique du "Lift-off".

Figure 9i

On dépose alors une résine protégeant la totalité de la surface du
25 composant. On procède à l'ouverture de cette résine en surface de la couche de contact en GaInAs/GaAs.

Les zones de cette couche de contact ainsi mises à nues et non protégées par la métallisation d'épaississement de collecteur, sont alors gravées de manière à minimiser la capacité base-collecteur. On procède
30 donc à la gravure de la couche de contact de GaInAs par gravure humide à base d'acide citrique, puis à celle de la couche de contact en GaAs par gravure ionique réactive (RIE) chlorée telle que SiCl_4 ou par gravure chimique à l'aide d'acide citrique par exemple.

On procède au dépôt d'une couche de diélectrique de passivation
35 protégeant la totalité de la surface du composant (figure 9j).

Figures 9k et 9l

On peut alors réaliser un drain thermique reposant sur le haut de
5 la structure après passivation du composant tel que cela est décrit dans le
brevet français n° 2 737 342.

Un tel drain thermique peut être basé sur une technique
piliers/tabliers telle que représenté sur la figure 9j. Avantageusement, l'air
présente sous le tablier peut être remplacé par un diélectrique possédant de
10 bonnes propriétés de planarisation comme le benzocyclobutène (BCB) par
exemple. Ce qui permet, du point de vue de ses propriétés mécaniques, de
renforcer la structure en vue notamment d'opérations de report.

D'autres solutions sont envisageables pour la réalisation du drain
thermique. La figure 9k présente la vue en coupe d'un TBH utilisant un drain
15 thermique de type "double nitrure". Avec cette technique, le drain thermique
recouvre la totalité du composant et n'utilise pas de ponts (à air, à BCB, ...).
L'étape de réalisation des piliers est supprimée, l'évacuation des calories,
donc le comportement thermique du composant, sont optimales. Mais une
faible dégradation de la valeur de certains éléments parasites est à prévoir
20 (augmentation de la capacité parasite de collecteur par exemple),
dégradation pouvant influencer légèrement le comportement hyperfréquence
du composant.

REVENDICATIONS

1. Transistor bipolaire à hétérojonction à collecteur en haut comprenant notamment empilées sur un substrat :

- une couche d'émetteur (EM)
- une couche de base (BA)
- une couche de collecteur (CO)

caractérisé en ce que :

- la surface de la jonction base-émetteur est de dimensions inférieures à la surface de la jonction base-collecteur ;
- le matériau de la couche de base présente une sensibilité de la conductivité électrique à une implantation ionique plus faible que la sensibilité de la conductivité électrique du matériau de couche d'émetteur à la même implantation ionique.

2. Transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche d'émetteur et la couche collecteur comportent chacune une zone intrinsèque encadrée par du matériau isolant.

3. Transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 2, caractérisé en ce que la largeur de chaque élément isolant électrique de collecteur est voisine du micron, la largeur de la mésa étant voisine de deux microns.

4. Transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 2, caractérisé en ce que le collecteur est constituée de $Ga_xIn_{1-x}P$ dopé n, la base de $Ga_yIn_{1-y}As$ dopé p, l'émetteur de $Ga_xIn_{1-x}P$ dopé n, et tous les éléments isolants (d'émetteur comme de collecteur) de $Ga_xIn_{1-x}P$ contenant du Bore.

5. Transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 2, caractérisé en ce que le collecteur est constituée de $Ga_yIn_{1-y}As$ dopé n, la base de $Ga_yIn_{1-y}As$ dopé p, l'émetteur de $Ga_xIn_{1-x}P$ dopé n, les éléments isolants de collecteur de $Ga_yIn_{1-y}As$ contenant du Bore, et les éléments isolants d'émetteur de $Ga_xIn_{1-x}P$ contenant du Bore.

6. Transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend entre la couche d'émetteur et celle de base, et/ou, entre la couche de base et celle de collecteur, une couche d'espaceur formée d'une succession de couche de $Ga_xIn_{1-x}P$ et de $Ga_yIn_{1-y}As$ dopés n.

7. Transistor bipolaire à hétérojonction selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que le collecteur comprend en surface une couche de contact ohmique en métal réfractaire de type TiWSi, WN, TiW.

5 8. Transistor bipolaire à hétérojonction selon l'une des revendications 1 ou 6, caractérisé en ce qu'il comprend une couche mince semiconductrice de passivation entre la couche de base et la couche de collecteur ou entre la couche d'espaceur et la couche de collecteur.

10 9. Transistor bipolaire à hétérojonction selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une couche de passivation recouvrant l'ensemble du relief du transistor.

15 10. Transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend un drain thermique en forme de pont reposant d'une part sur une partie du relief du transistor, d'autre part sur le substrat.

11. Transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte un drain qui est en contact avec la totalité du composant et qui est couplé thermiquement avec le substrat.

20 12. Procédé de réalisation d'un transistor bipolaire à hétérojonction à collecteur en haut comprenant la croissance épitaxiale de couches semiconductrices sur un substrat semiconducteur :

- une couche d'émetteur
- une couche de base
- une couche de collecteur

25 caractérisé en ce que :

- les matériaux de la couche de base et de la couche d'émetteur sont choisis tels que le matériau de la couche de base présente une sensibilité de la conductivité électrique à une implantation ionique plus faible que la sensibilité de la conductivité électrique de la couche d'émetteur à la même implantation ionique ;

30 et en ce qu'il comporte les étapes supplémentaires suivantes : réalisation d'un masque sur la couche de collecteur et de largeur (lc) correspondant à la largeur du collecteur à obtenir, puis réalisation d'une première implantation ionique permettant
35 de rendre isolant le matériau de la couche d'émetteur de part et

d'autre de l'émetteur à obtenir, puis réalisation d'une deuxième implantation ionique d'énergie inférieure à la première implantation ionique pour rendre isolant le matériau de la couche de collecteur de part et d'autre du collecteur à obtenir.

5 13. Procédé de réalisation d'un transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 12, caractérisé en ce que le transistor est à base de matériaux III-V et comprend la croissance épitaxiale de couches semiconductrices dont une couche dopée de type p (ou n) et constitutive de la base est comprise entre deux couches de type n (ou p) et
10 constitutives de l'émetteur et du collecteur, caractérisé à ce qu'il comprend en outre :

- 15 - l'implantation ionique à travers un masque de largeur L_C de la couche dite supérieure située au-dessus de la base de manière à définir des éléments électriquement isolants de part et d'autre d'un élément semiconducteur dopé de largeur L_{BC} ,
- l'implantation ionique à travers le même masque de largeur L_C de la couche dite inférieure située en dessous de la base de manière à définir des éléments électriquement isolants de part et d'autre d'un élément semiconducteur dopé de largeur L_{EB}
20 inférieure à L_{BC} ,
- la gravure à travers un masque de largeur $L_C > L_C$ de la couche supérieure en vue de réaliser une méso qui définit la géométrie des caissons d'isolation créés précédemment par implantation ionique.
- 25 - la gravure à travers un masque de largeur supérieure à L_C de la couche inférieure en vue de réaliser une méso qui définit la géométrie des caissons d'isolation créés précédemment par implantation ionique.

14. Procédé de réalisation d'un transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 13, caractérisé en ce que les couches dite supérieure et de base ont des comportements différents vis-à-vis de
30 l'implantation ionique.

15. Procédé de réalisation d'un transistor bipolaire à hétérojonction selon la revendication 14, caractérisé en ce que la couche dite

inférieure est en $Ga_xIn_{1-x}P$ dopé n, la base en $Ga_yIn_{1-y}As$ dopé p, et la couche dite supérieure en $Ga_xIn_{1-x}P$ dopé n ou en $Ga_yIn_{1-y}As$ dopé n.

16. Procédé de réalisation d'un transistor bipolaire à hétérojonction selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que
5 le masque de largeur l_c est en métal de type Ti/Au ou Ti/Pt/Au.

17. Procédé de réalisation d'un transistor bipolaire à hétérojonction selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisé en ce que le masque de largeur l_c est en résine.

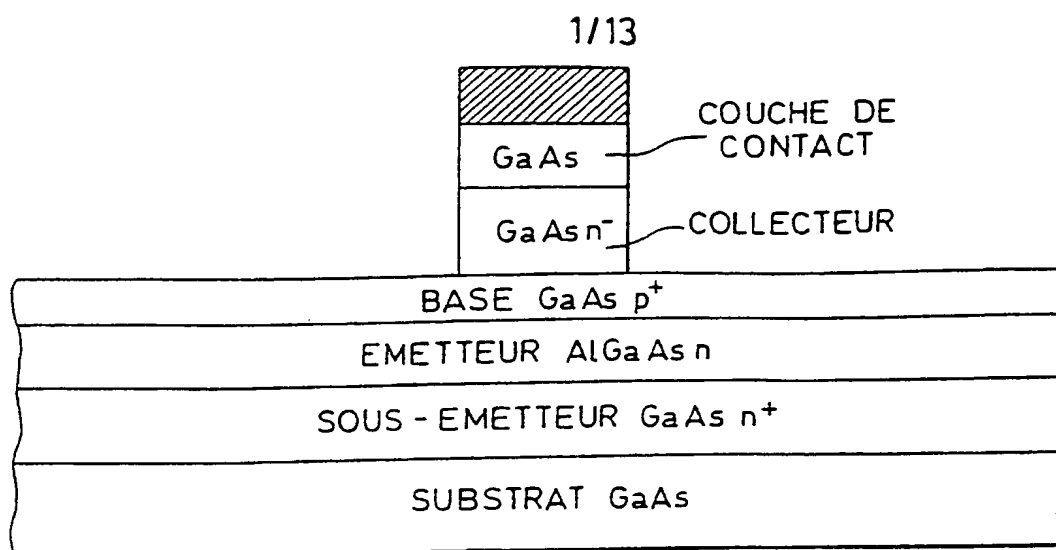


FIG.1a

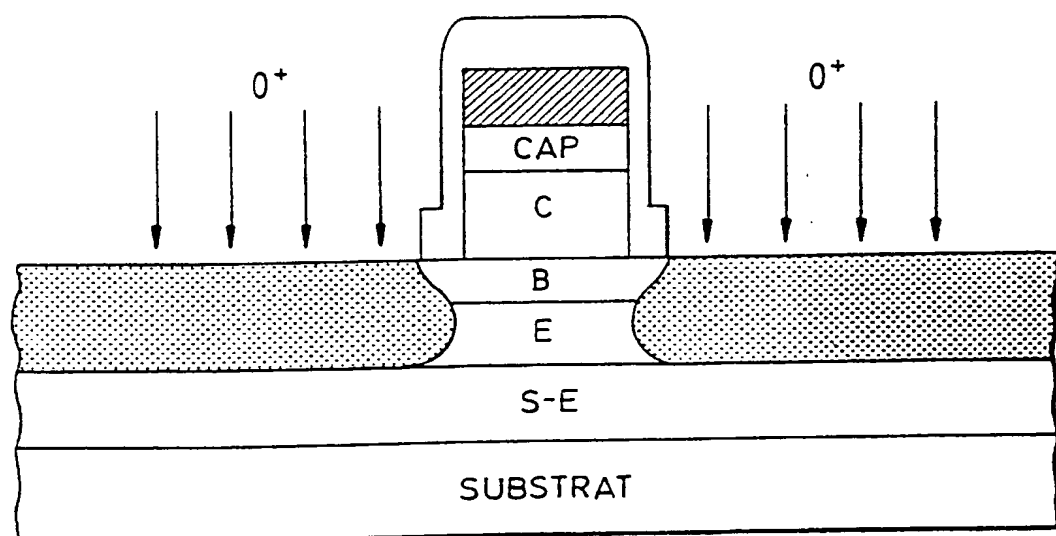


FIG.1b

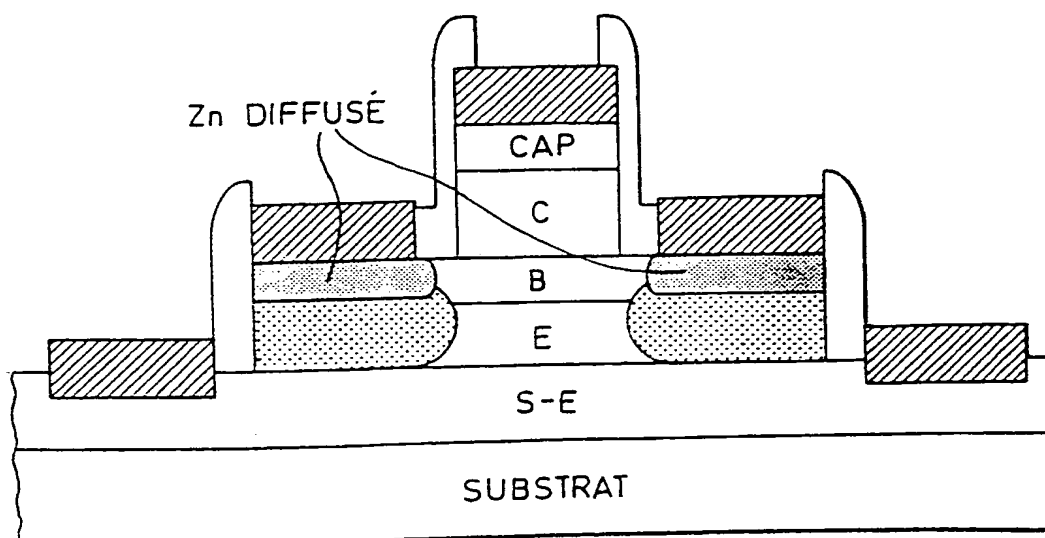


FIG.1c

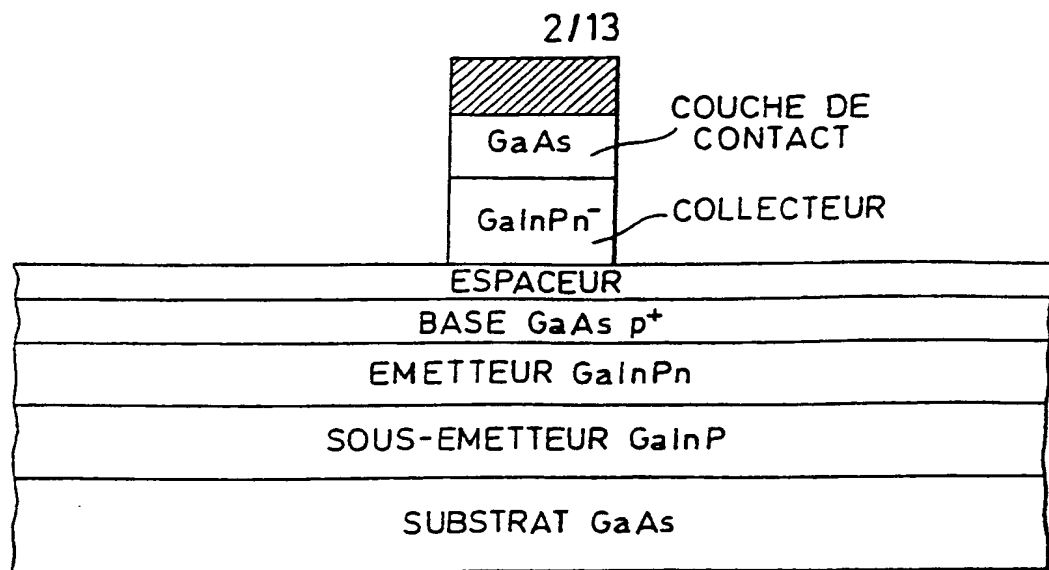


FIG.2a

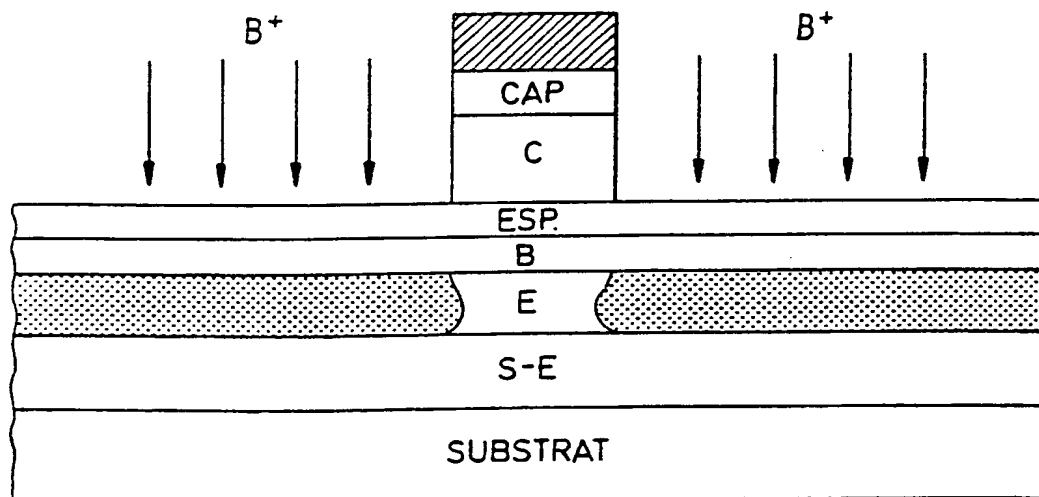


FIG.2b

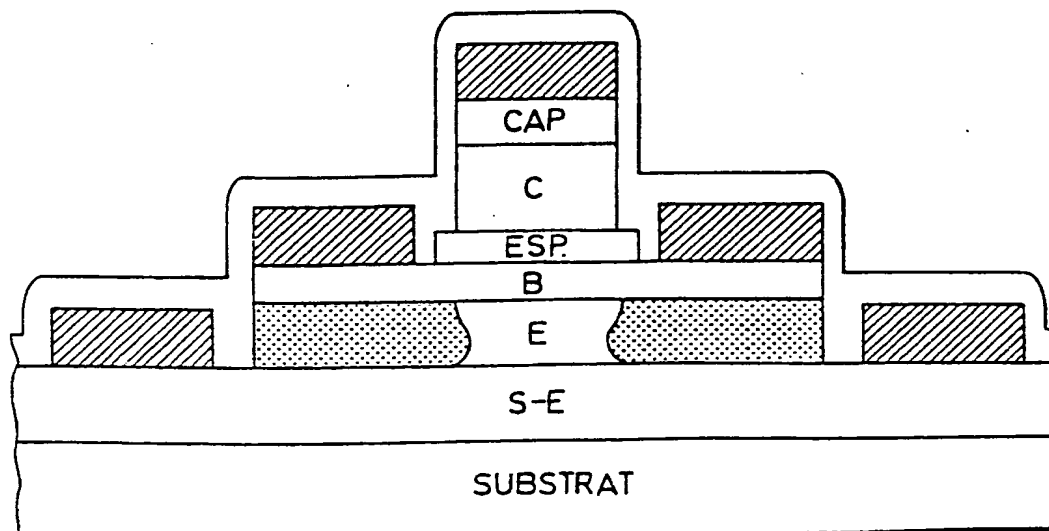


FIG.2c

3/13

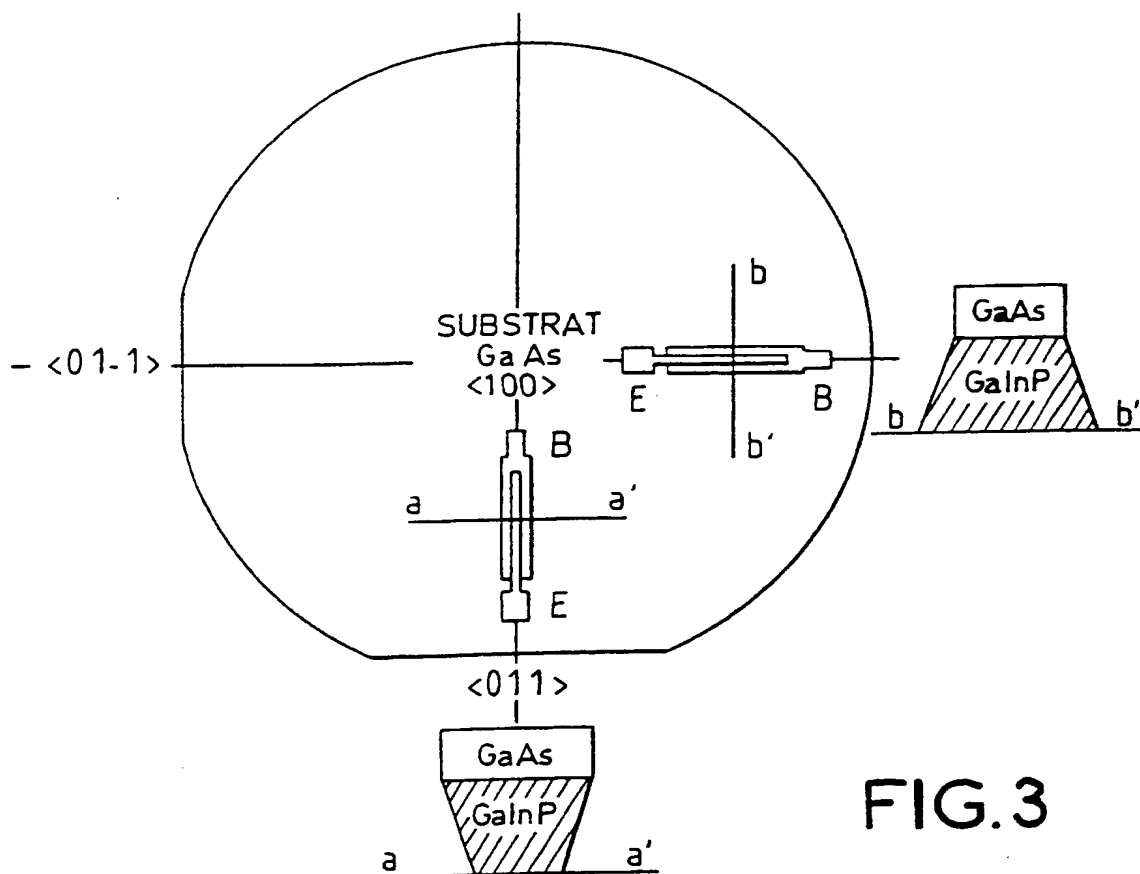


FIG. 3

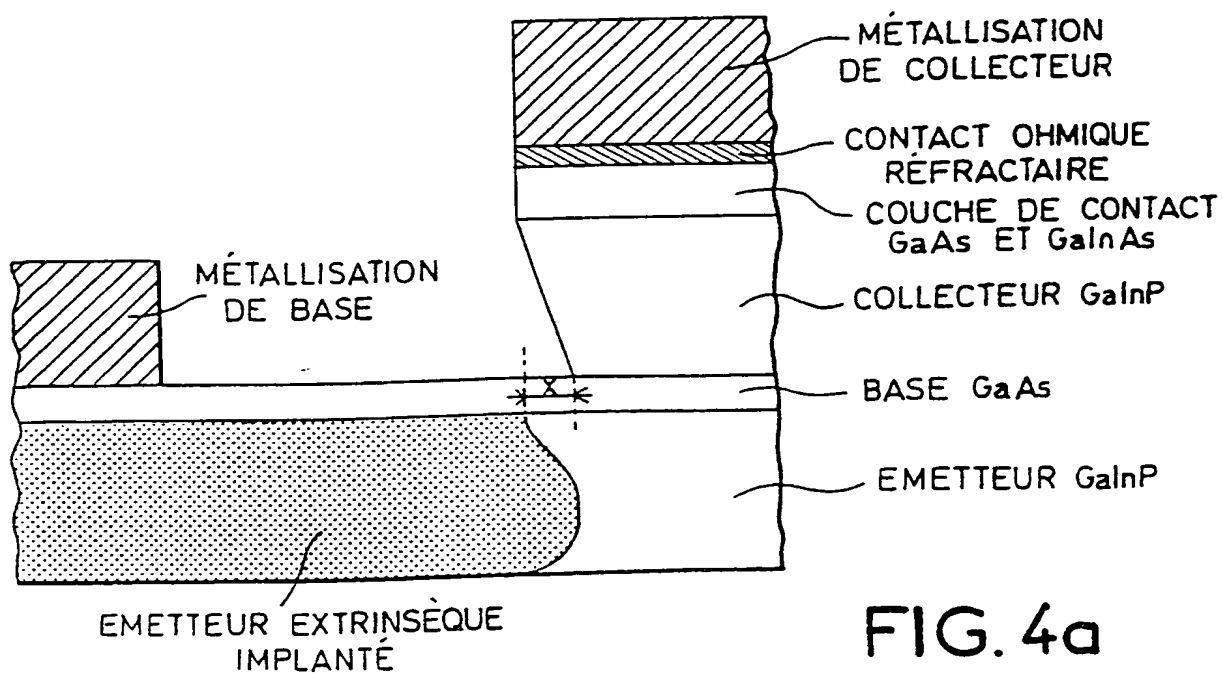
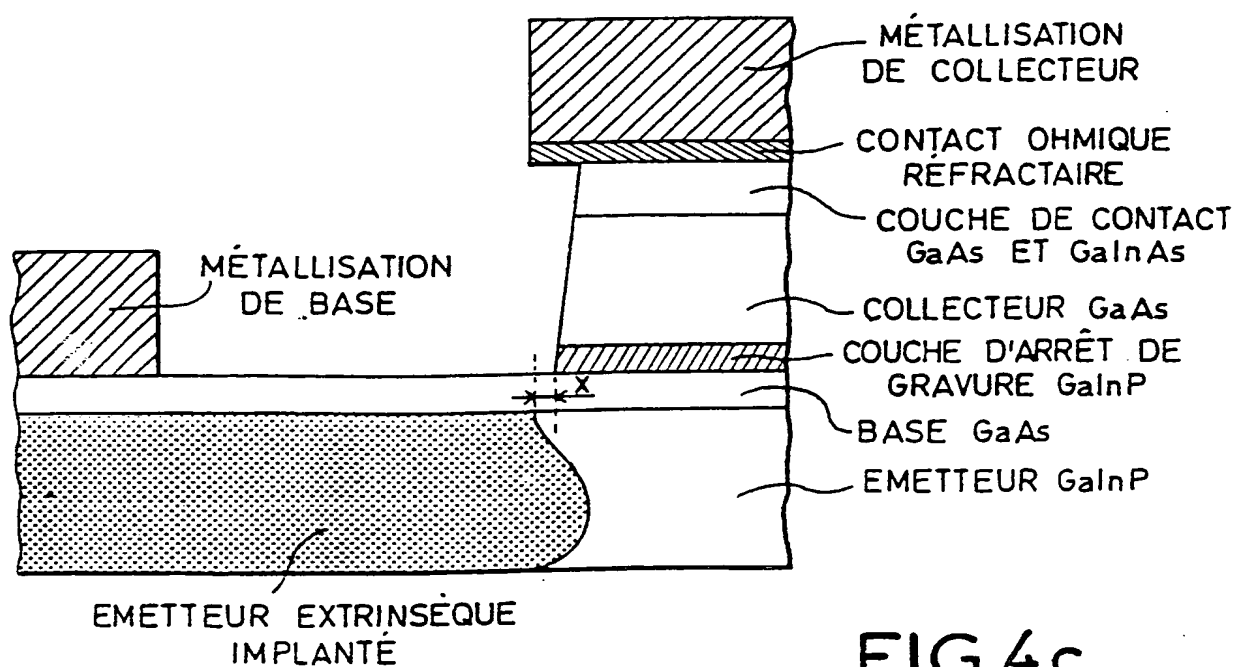
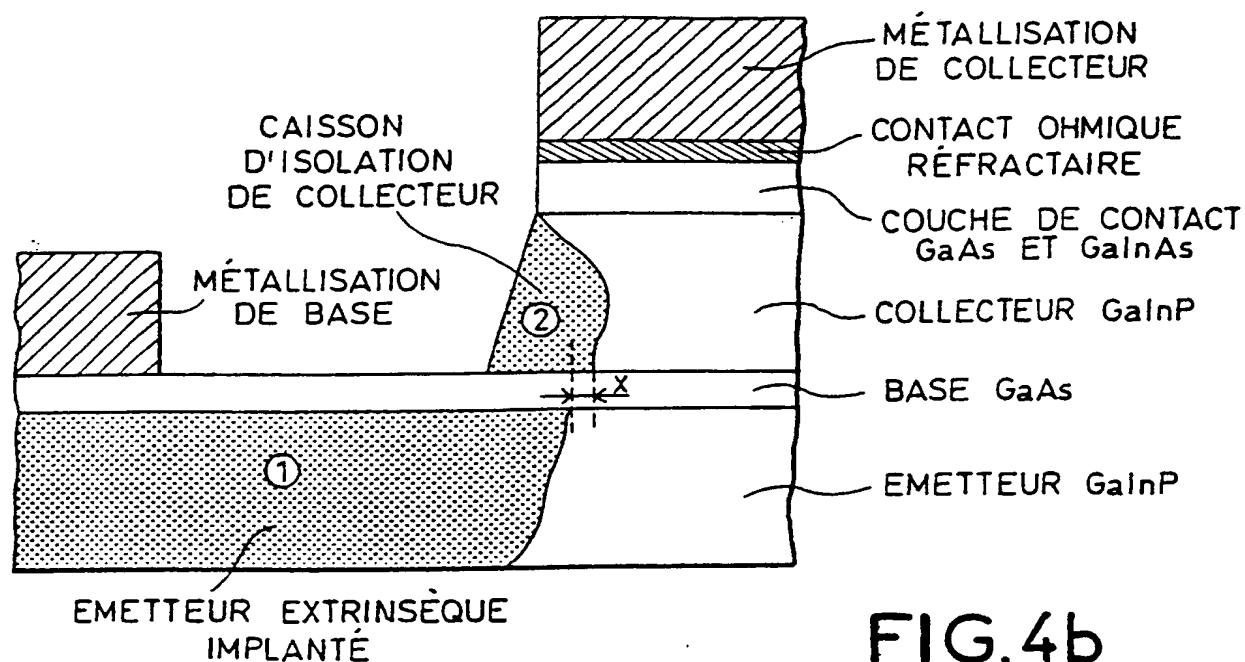


FIG. 4a



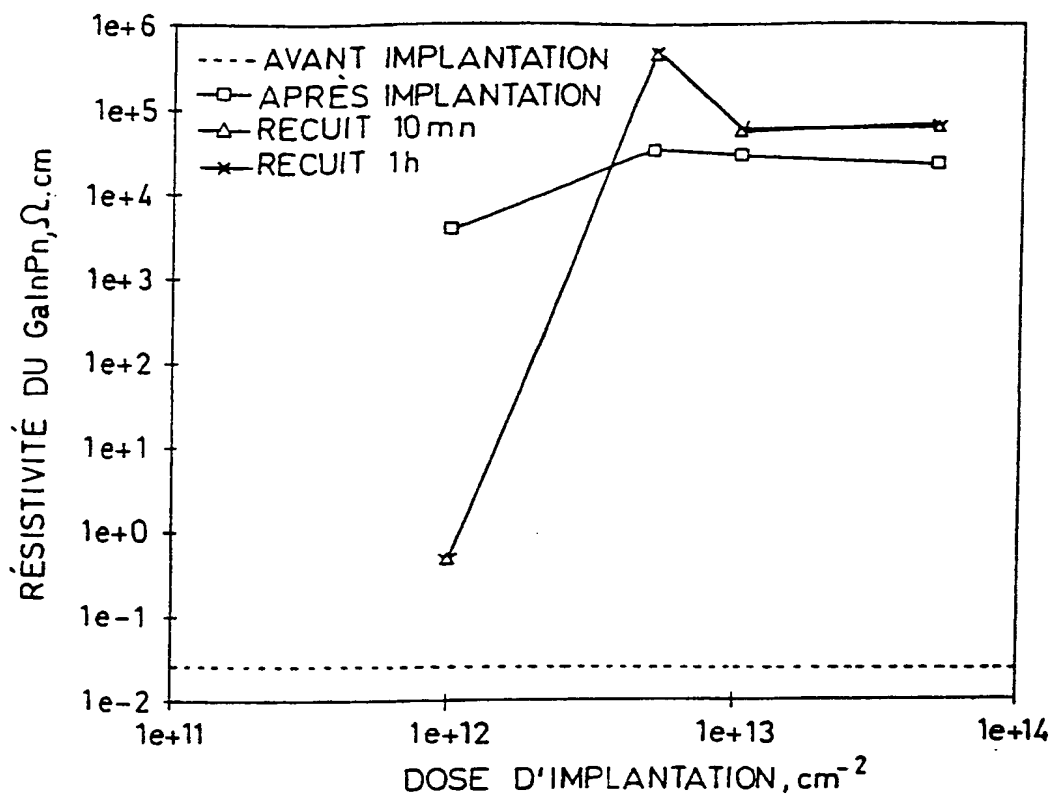


FIG.5a

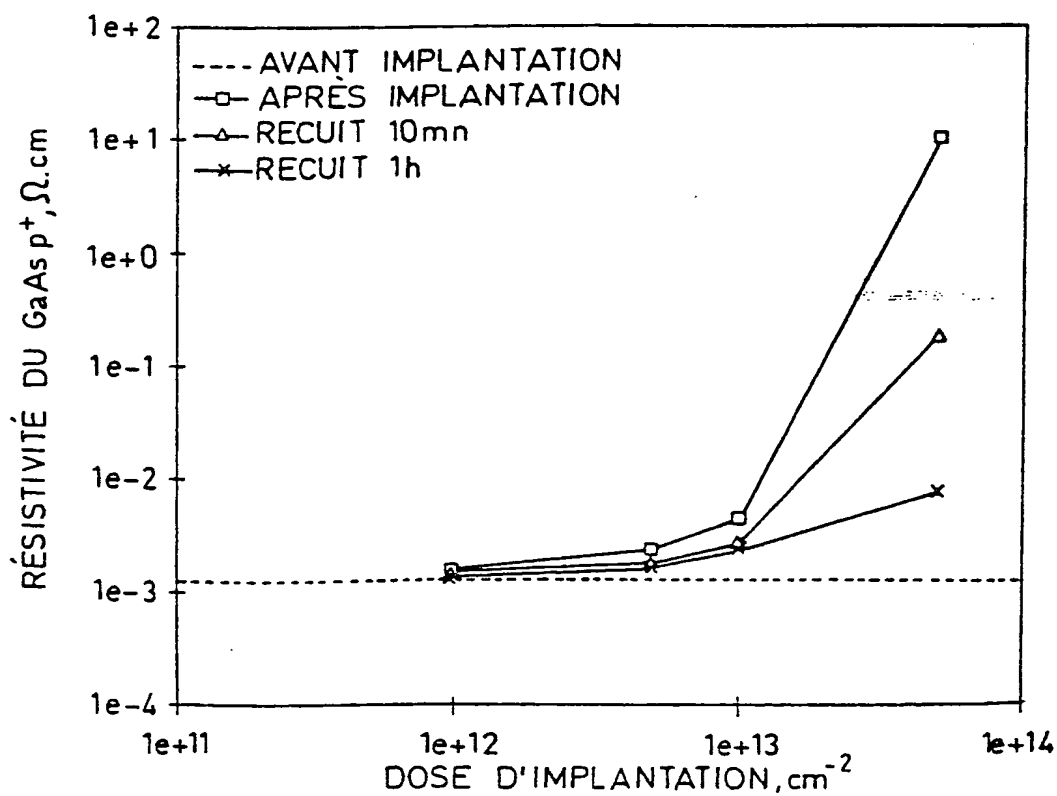


FIG.5b

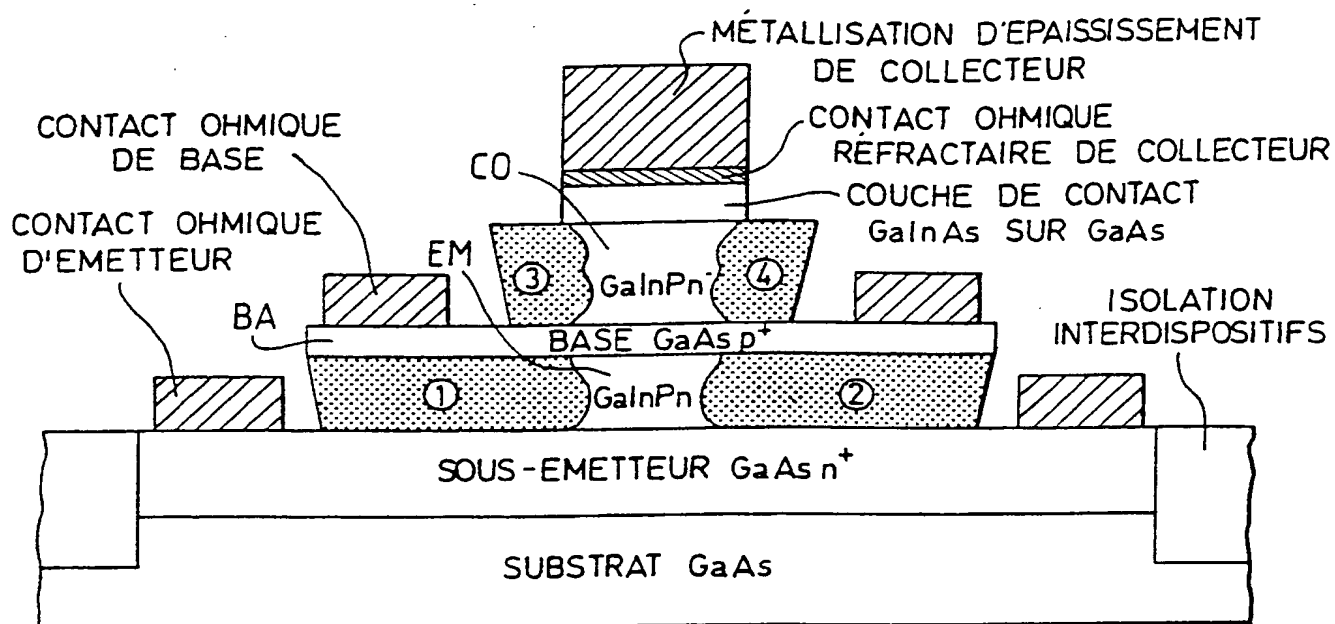


FIG. 6

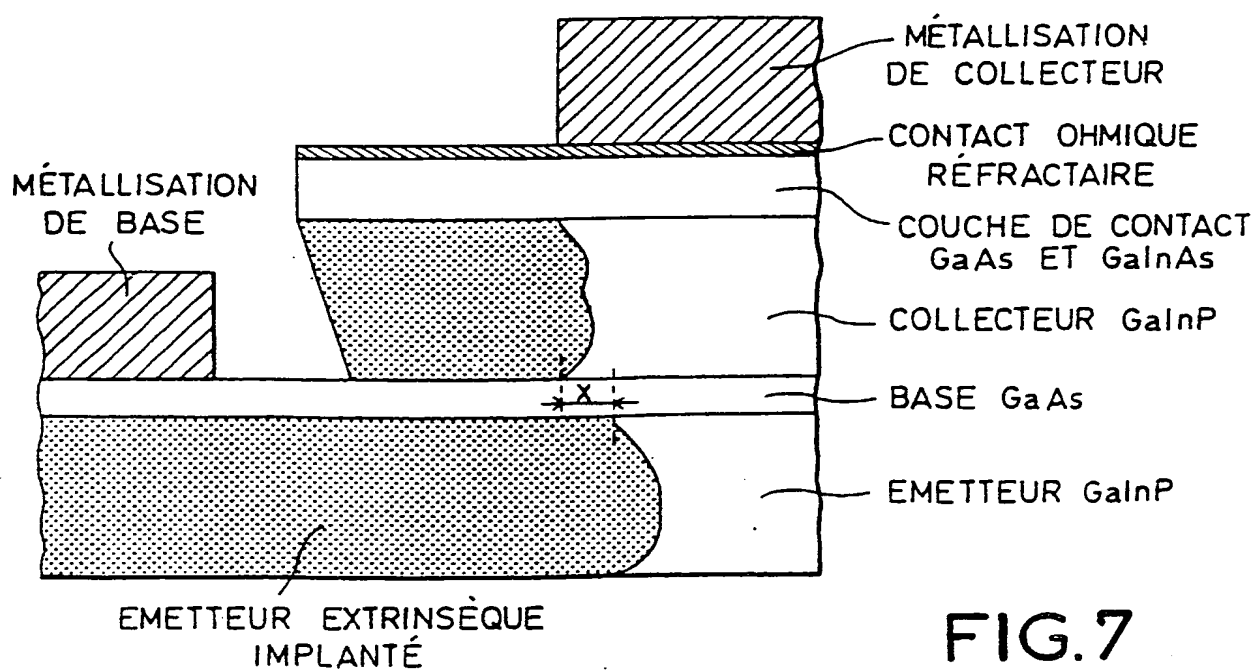


FIG. 7

7/13

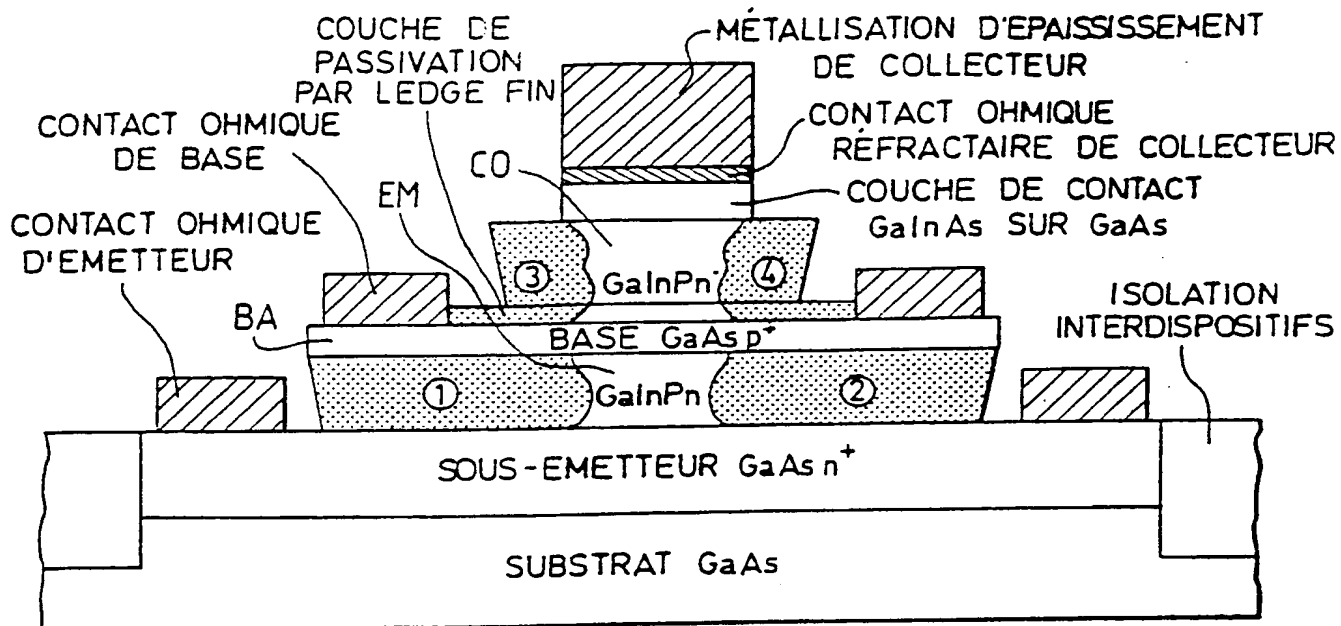


FIG. 8

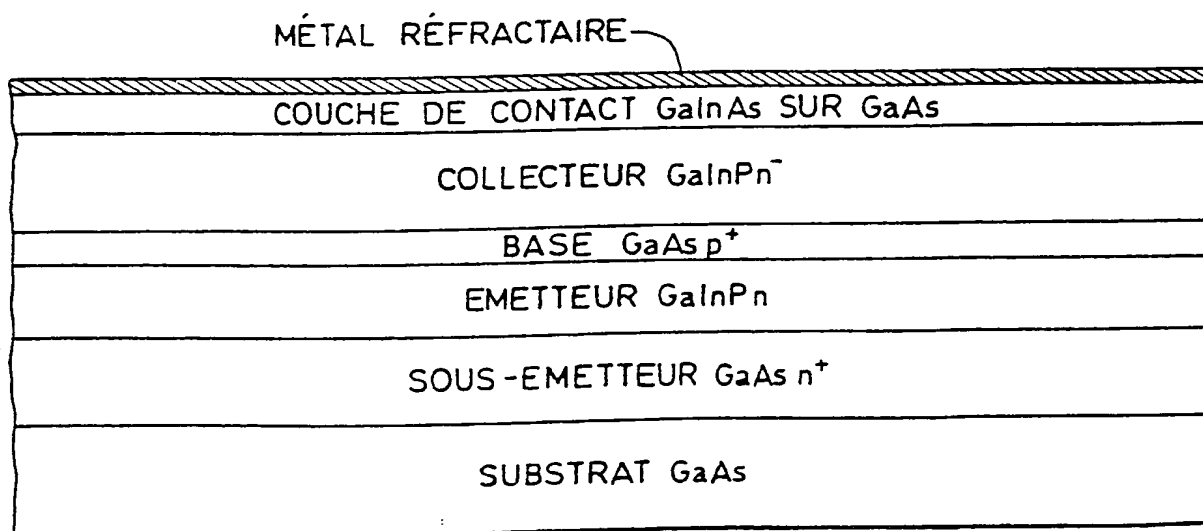


FIG. 9a

8/13

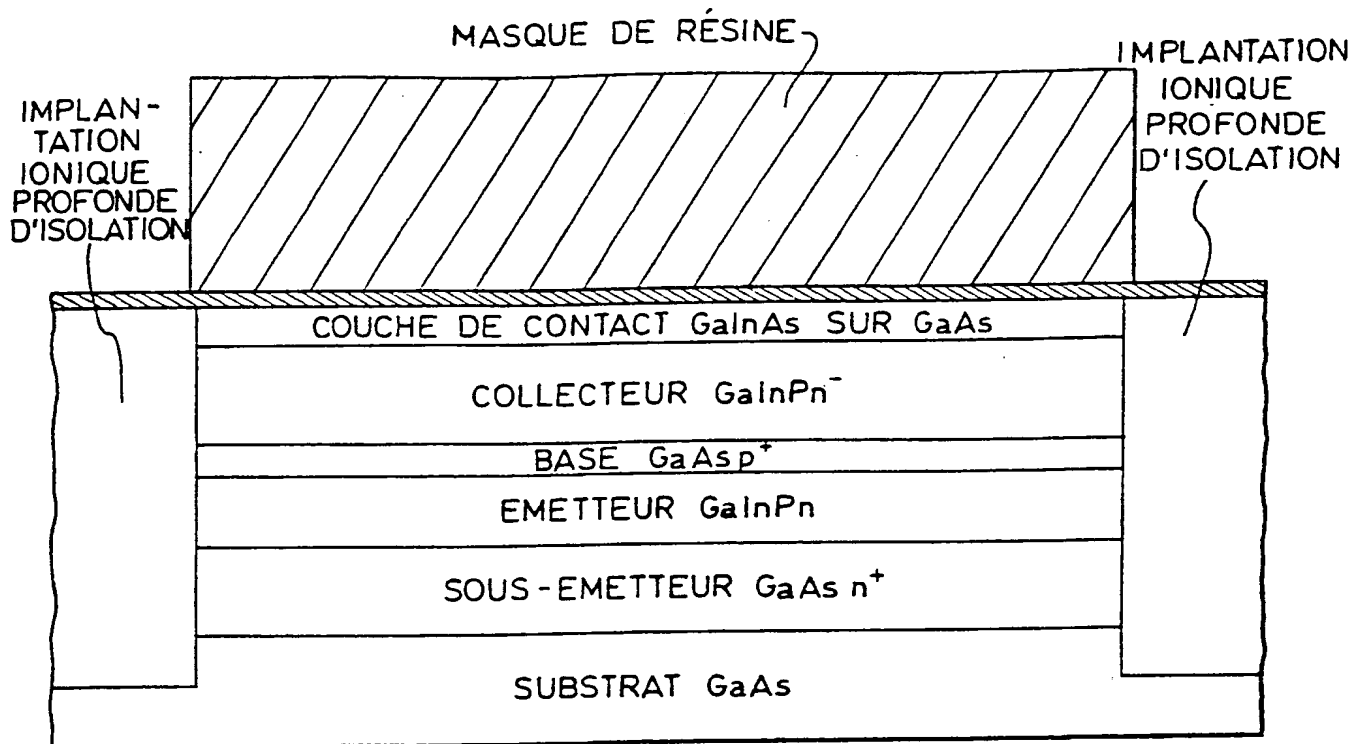


FIG. 9b

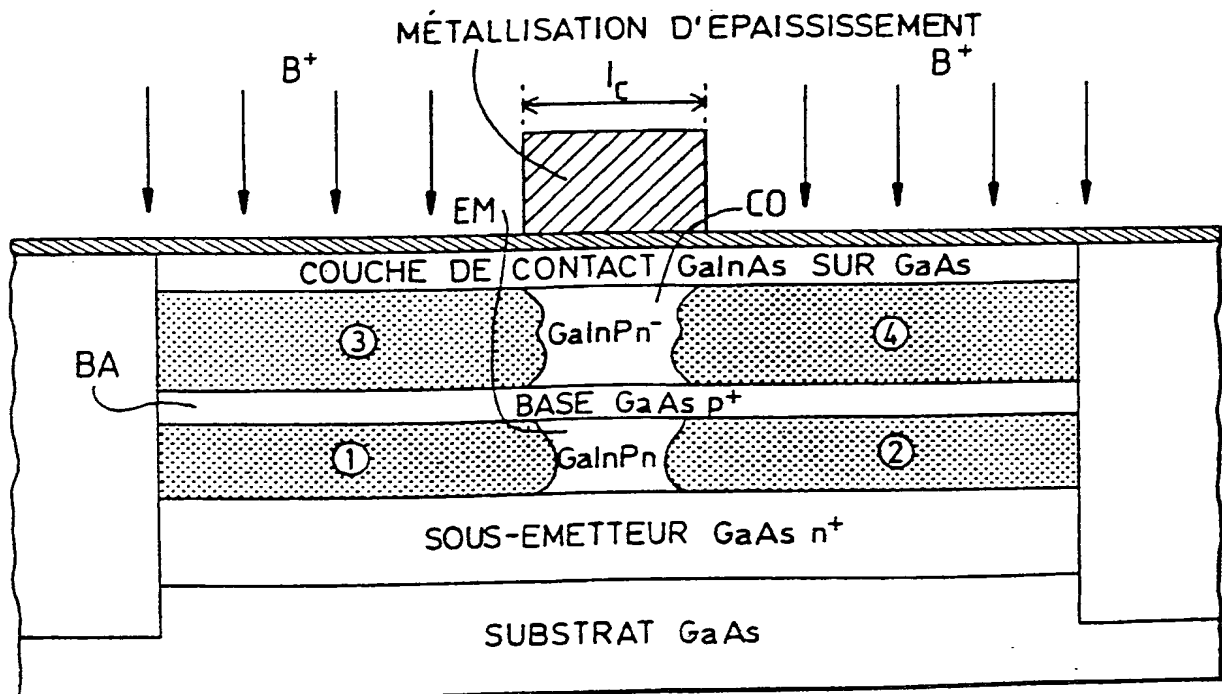


FIG. 9c

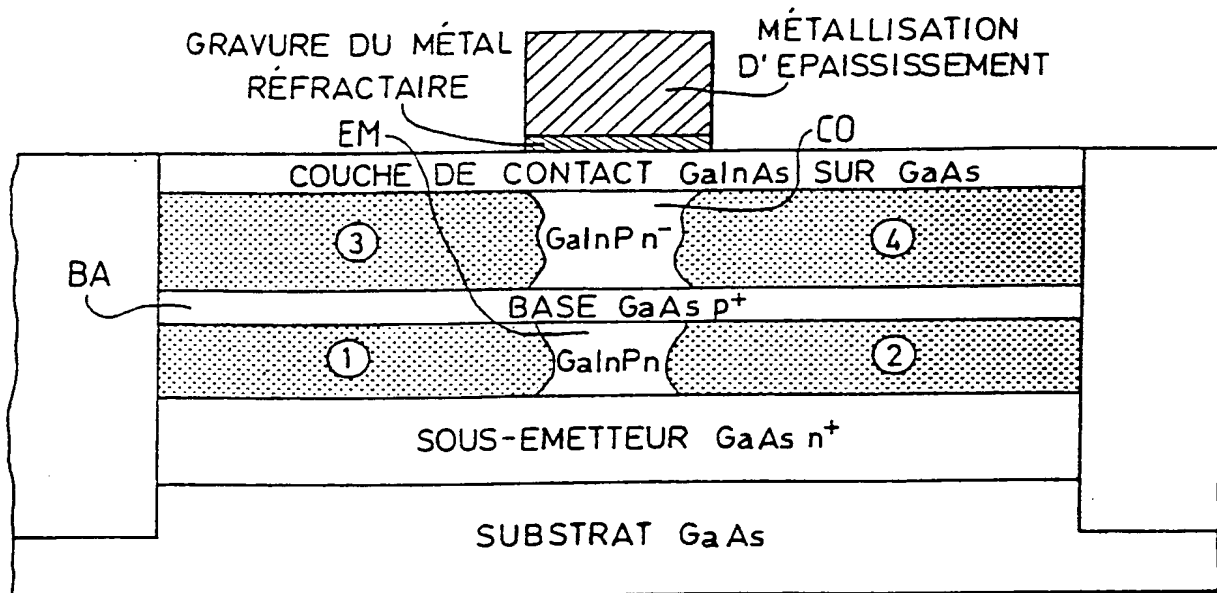


FIG. 9d

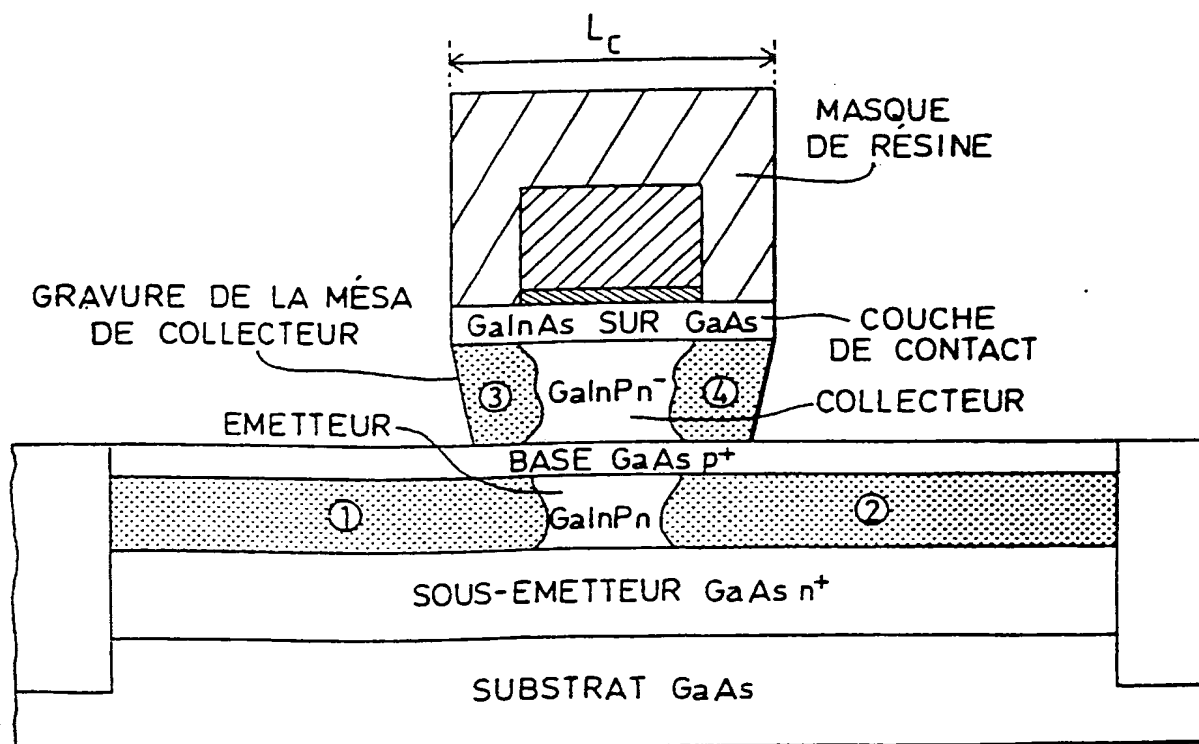


FIG. 9e

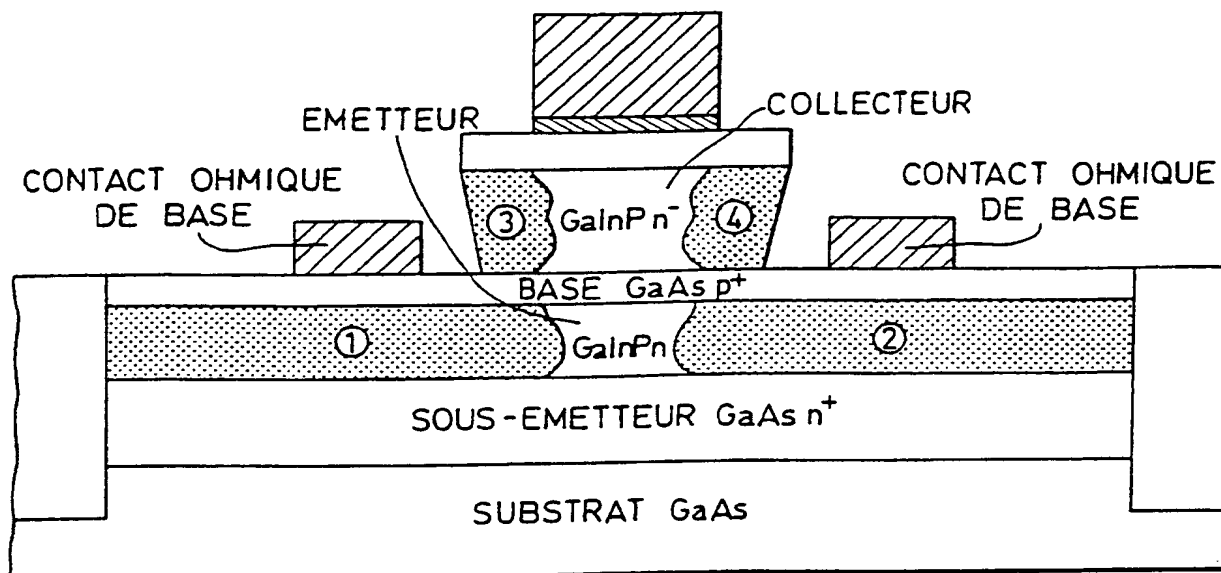


FIG.9f

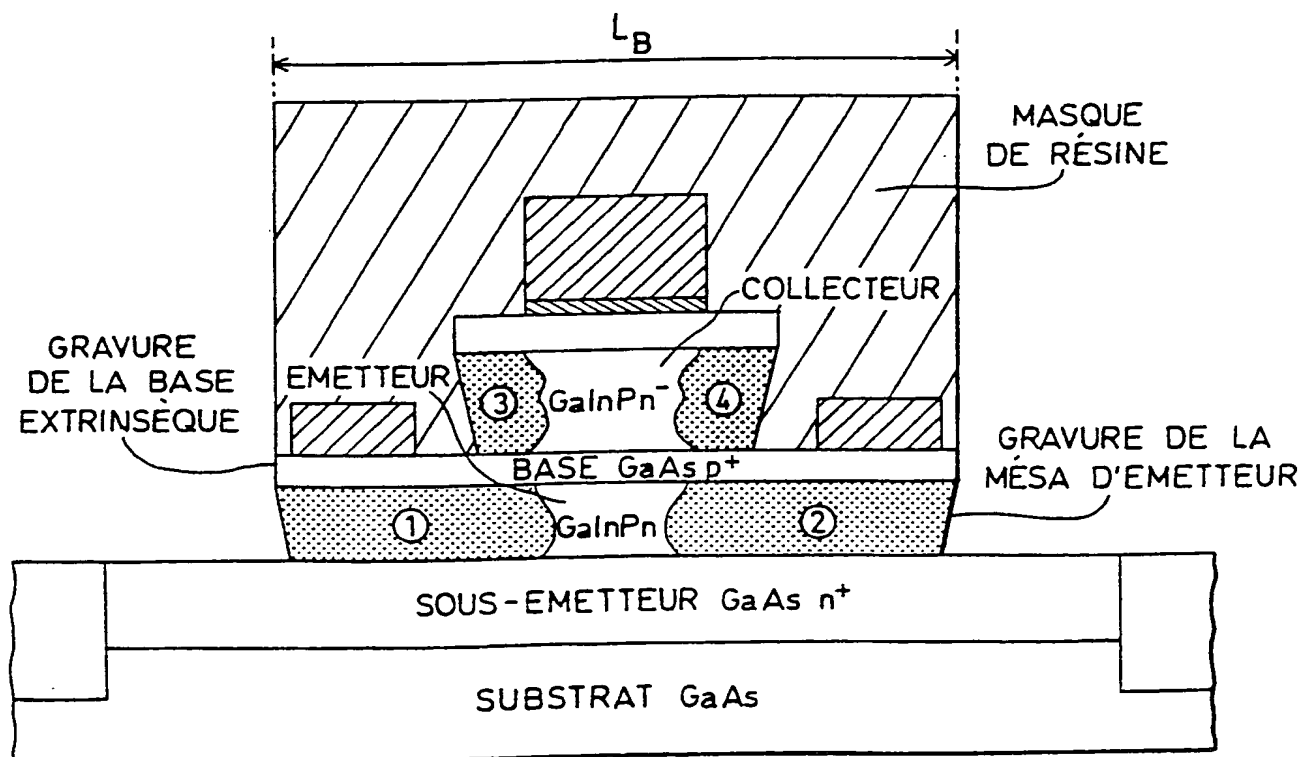


FIG.9g

11/13

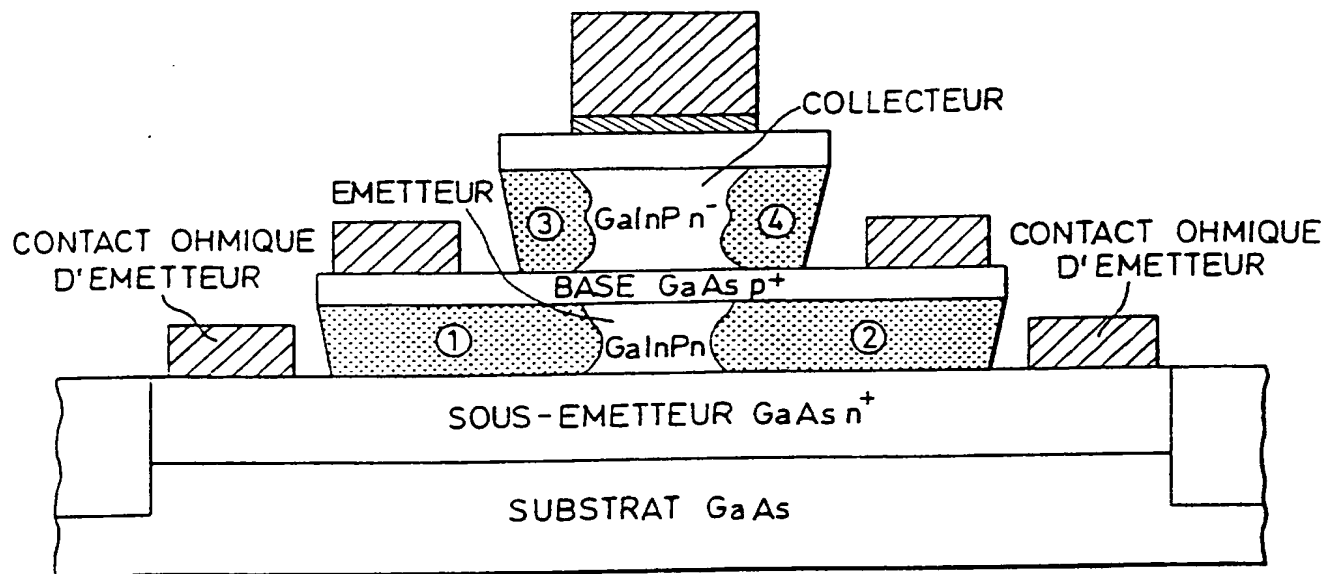


FIG.9h

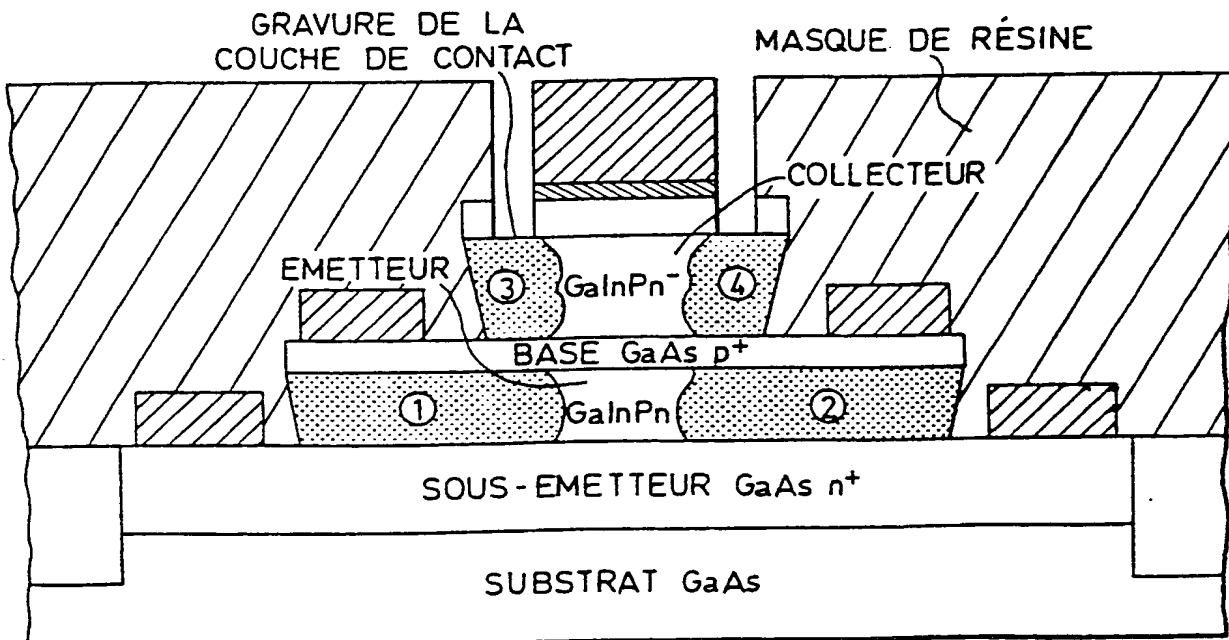


FIG.9i

12/13

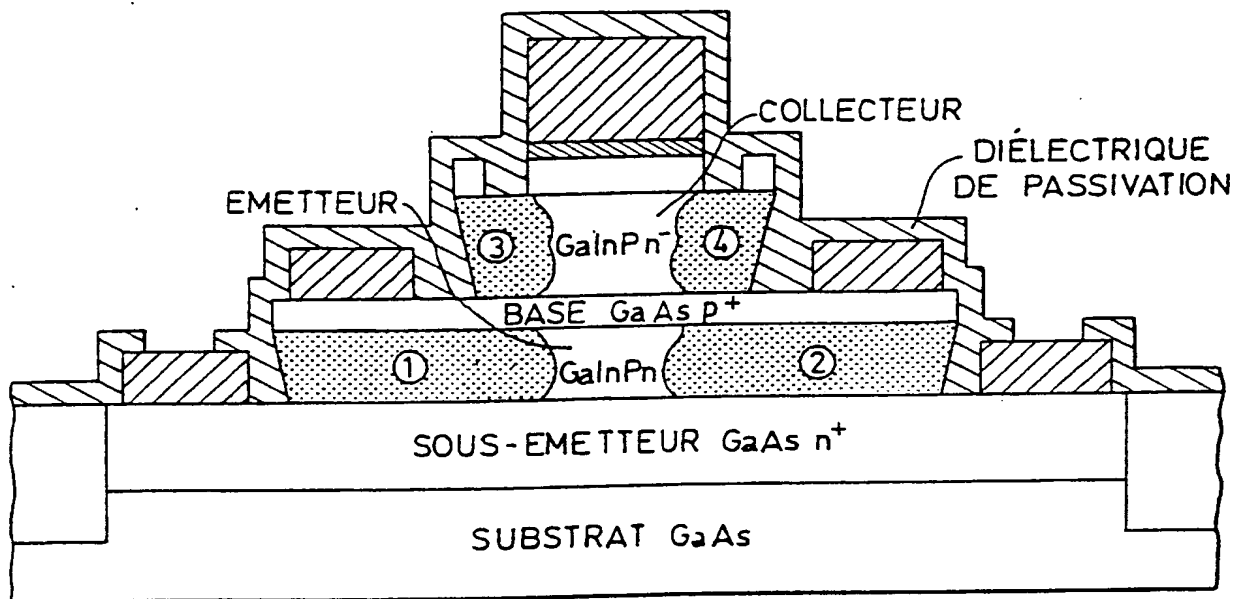


FIG.9j

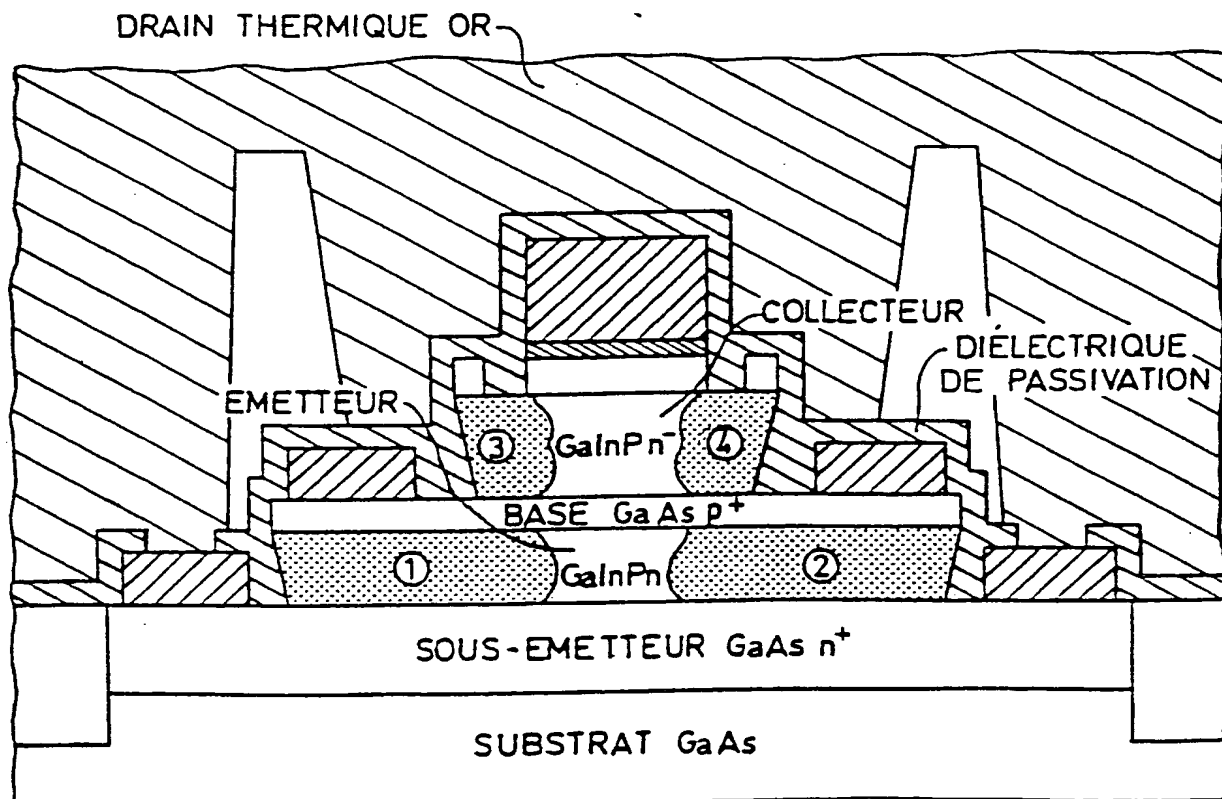


FIG.9k

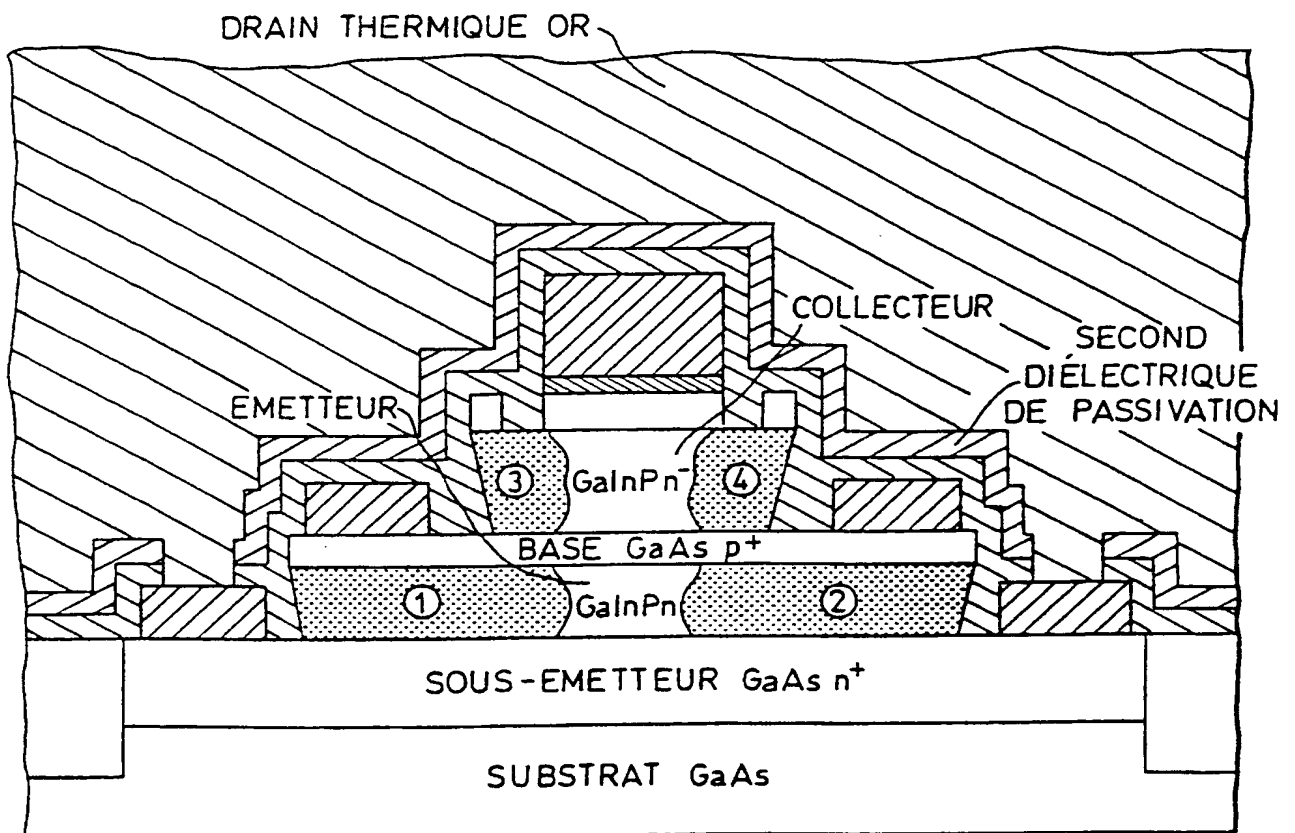


FIG.9I

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern nal Application No

PCT/FR 00/03562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L29/737 H01L21/331

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 764 118 A (THOMSON CSF) 4 December 1998 (1998-12-04) cited in the application figures 4,5,8 ---	1-17
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29 September 1995 (1995-09-29) & JP 07 122573 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 12 May 1995 (1995-05-12) abstract ---	12-17
A	EP 0 300 803 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 25 January 1989 (1989-01-25) figures 3,7 --- -/--	12-17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 April 2001

Date of mailing of the international search report

26/04/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Juhl, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/03562

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 697 945 A (THOMSON CSF) 13 May 1994 (1994-05-13) cited in the application page 4, line 6 -page 5, line 8; figures 2,5,6 ---	4-6,15
A	EP 0 562 272 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 29 September 1993 (1993-09-29) figure 3G ---	1
A	FR 2 737 342 A (THOMSON CSF) 31 January 1997 (1997-01-31) cited in the application figure 2 ---	11
A	EP 0 240 307 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 7 October 1987 (1987-10-07) figure 21 -----	12,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/03562

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2764118	A	04-12-1998	EP 0881690 A	02-12-1998
			JP 11074286 A	16-03-1999
			US 6031255 A	29-02-2000
JP 07122573	A	12-05-1995	NONE	
EP 0300803	A	25-01-1989	JP 1030267 A	01-02-1989
			JP 2112144 C	21-11-1996
			JP 8024125 B	06-03-1996
			JP 1030268 A	01-02-1989
			JP 2112145 C	21-11-1996
			JP 8024126 B	06-03-1996
			DE 3850309 D	28-07-1994
			DE 3850309 T	19-01-1995
			US 5147775 A	15-09-1992
FR 2697945	A	13-05-1994	DE 69327779 D	09-03-2000
			DE 69327779 T	29-06-2000
			EP 0601901 A	15-06-1994
			JP 6216112 A	05-08-1994
			US 5411632 A	02-05-1995
EP 0562272	A	29-09-1993	JP 7007013 A	10-01-1995
			US 5389554 A	14-02-1995
			US 6025615 A	15-02-2000
FR 2737342	A	31-01-1997	EP 0756322 A	29-01-1997
			JP 9045704 A	14-02-1997
			US 5719433 A	17-02-1998
EP 0240307	A	07-10-1987	JP 2084042 C	23-08-1996
			JP 7120658 B	20-12-1995
			JP 62232159 A	12-10-1987
			JP 2084055 C	23-08-1996
			JP 7120661 B	20-12-1995
			JP 62264664 A	17-11-1987
			JP 63048863 A	01-03-1988
			JP 63138773 A	10-06-1988
			DE 3751972 D	16-01-1997
			DE 3751972 T	22-05-1997
			DE 3788527 D	03-02-1994
			DE 3788527 T	11-05-1994
			EP 0558100 A	01-09-1993
			US 4965650 A	23-10-1990
			US 5166081 A	24-11-1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema: Internationale No
PCT/FR 00/03562

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L29/737 H01L21/331

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Categorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 764 118 A (THOMSON CSF) 4 décembre 1998 (1998-12-04) cité dans la demande figures 4,5,8	1-17
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 08, 29 septembre 1995 (1995-09-29) & JP 07 122573 A (NIPPON TELEGR & TELEPH CORP), 12 mai 1995 (1995-05-12) abrégé	12-17
A	EP 0 300 803 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 25 janvier 1989 (1989-01-25) figures 3,7	12-17

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

18 avril 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

26/04/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Juhl, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema: Internationale No
PCT/FR 00/03562

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 697 945 A (THOMSON CSF) 13 mai 1994 (1994-05-13) cité dans la demande page 4, ligne 6 -page 5, ligne 8; figures 2,5,6 ---	4-6,15
A	EP 0 562 272 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 29 septembre 1993 (1993-09-29) figure 3G ---	1
A	FR 2 737 342 A (THOMSON CSF) 31 janvier 1997 (1997-01-31) cité dans la demande figure 2 ---	11
A	EP 0 240 307 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 7 octobre 1987 (1987-10-07) figure 21 -----	12,13

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs au membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 00/03562

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2764118 A	04-12-1998	EP 0881690 A JP 11074286 A US 6031255 A	02-12-1998 16-03-1999 29-02-2000
JP 07122573 A	12-05-1995	AUCUN	
EP 0300803 A	25-01-1989	JP 1030267 A JP 2112144 C JP 8024125 B JP 1030268 A JP 2112145 C JP 8024126 B DE 3850309 D DE 3850309 T US 5147775 A	01-02-1989 21-11-1996 06-03-1996 01-02-1989 21-11-1996 06-03-1996 28-07-1994 19-01-1995 15-09-1992
FR 2697945 A	13-05-1994	DE 69327779 D DE 69327779 T EP 0601901 A JP 6216112 A US 5411632 A	09-03-2000 29-06-2000 15-06-1994 05-08-1994 02-05-1995
EP 0562272 A	29-09-1993	JP 7007013 A US 5389554 A US 6025615 A	10-01-1995 14-02-1995 15-02-2000
FR 2737342 A	31-01-1997	EP 0756322 A JP 9045704 A US 5719433 A	29-01-1997 14-02-1997 17-02-1998
EP 0240307 A	07-10-1987	JP 2084042 C JP 7120658 B JP 62232159 A JP 2084055 C JP 7120661 B JP 62264664 A JP 63048863 A JP 63138773 A DE 3751972 D DE 3751972 T DE 3788527 D DE 3788527 T EP 0558100 A US 4965650 A US 5166081 A	23-08-1996 20-12-1995 12-10-1987 23-08-1996 20-12-1995 17-11-1987 01-03-1988 10-06-1988 16-01-1997 22-05-1997 03-02-1994 11-05-1994 01-09-1993 23-10-1990 24-11-1992